



# Rôle du traitement visuel simultané dans l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales

Nathalie Chaves

## ► To cite this version:

Nathalie Chaves. Rôle du traitement visuel simultané dans l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales. Psychologie. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 2012. Français. NNT : 2012TOU20029 . tel-00728785

**HAL Id: tel-00728785**

**<https://theses.hal.science/tel-00728785>**

Submitted on 19 Nov 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Université  
de Toulouse

# THÈSE

En vue de l'obtention du

## DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par :

Université Toulouse 2 Le Mirail (UT2 Le Mirail)

Cotutelle internationale avec :

---

**Présentée et soutenue par :**  
**Nathalie Chaves**

Le vendredi 8 juin 2012

**Titre :**

Rôle du traitement visuel simultané dans l'acquisition des connaissances  
orthographiques lexicales

---

ED CLESCO : Psychologie

**Unité de recherche :**

Laboratoire "Psychologie du développement et processus de socialisation

**Directeur(s) de Thèse :**

Pierre Largy, Professeur en Psychologie (Université de Toulouse II, Le Mirail)  
Marie-Line Bosse, Professeure en Didactique du français (Université de Sherbrooke, Québec)

**Rapporteurs :**

Michel Fayol, Professeur émérite en Psychologie (Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand)  
Marie-France Morin, Professeure en Didactique du français (Université de Sherbrooke,  
Québec)

**Autre(s) membre(s) du jury :**

Sylviane Valdois, Directrice de Recherche CNRS (Université Pierre-Mendès France, Grenoble)  
Jean-Luc Velay, Chercheur CNRS (institut de Neurosciences Cognitives de la Méditerranée,  
Marseille)



**Université  
de Toulouse**

# THÈSE

En vue de l'obtention du

## DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par :

Université Toulouse 2 Le Mirail (UT2 Le Mirail)

Cotutelle internationale avec :

---

**Présentée et soutenue par :**

Le vendredi 8 juin 2012

**Titre :**

Rôle du traitement visuel simultané dans l'acquisition  
des connaissances orthographiques lexicales

---

ED CLESCO : Psychologie

**Unité de recherche :**

Laboratoire "Psychologie du Développement et Processus de Socialisation" (PDPS)

**Directeur(s) de Thèse :**

Pierre LARGY, Professeur en Psychologie (Université Toulouse II Le Mirail)

Marie-Line BOSSE, Maître de Conférences en Psychologie  
(Université Pierre-Mendès France, Grenoble)

**Rapporteurs :**

Michel FAYOL, Professeur en Psychologie (Université Clermont-Ferrand)

Marie-France MORIN, Professeure en Psychopédagogie  
(Université du Québec à Sherbrooke)

**Autre(s) membre(s) du jury :**

Sylviane VALDOIS, Professeure en Psychologie  
(Université Pierre-Mendès France, Grenoble)

Jean-luc VELAY, Chercheur CNRS  
(Institut de Neurosciences Cognitive de la Méditerranée, Marseille)



## **Remerciements**

Je trouve très difficile de faire des remerciements. Non pas parce que je pense que les personnes à qui je les adresse ne les méritent pas, mais parce que les mots que j'essaie de trouver ne traduiront pas suffisamment ma reconnaissance. En écrivant ces phrases, je pense particulièrement à Marie-Line que je tiens à remercier chaleureusement pour sa patience, son dévouement, sa disponibilité et sa gentillesse. Je salue sa conscience professionnelle, son perfectionnisme qui sont pour moi un *modèle*.

Sans ton aide je n'y serais pas arrivée. Merci à toi,.....et aux tiens !

Je remercie Pierre, pour son accompagnement et ses relectures faites dans l'urgence.

Merci Céline, pour toute ton aide, et nos mercredis « en tête à tête » ! A toi aussi, Amandine, un grand merci pour avoir répondu présente quand j'étais en grande panique.

Aurélie, Olga, merci d'avoir répondu à mes questions posées toujours à brûle-pourpoint.

Je remercie chaleureusement mes collègues. Chaque année, ils m'ont ouvert leur porte de classe, et laisser faire mes « passations » en toute confiance. Merci à Sylvie qui, dès la première année de mes études, a tout fait pour que je puisse arriver au bout. Merci particulièrement à Lise, Nathalie et Carine pour votre intérêt et votre soutien, pour cette bonne ambiance qui me permet de passer sereinement de l'école à la thèse. *Mais non, je ne t'en veux pas, Nathalie, de m'avoir dit que j'avais pris vingt ans pendant mes dernières « vacances » !*

Merci à mes élèves, et aux autres enfants !

Je ne pourrai pas finir ces remerciements sans parler de ceux que j'aime et qui supportent mes absences tant physiques qu'intellectuelles. A vous cinq, mes enfants, vous qui n'avez pas compris pourquoi, merci. Votre amour me porte.

A toi, Pierre, ton amour et ta patience sont pour moi un moteur essentiel dans mes projets. Merci de me laisser cette liberté !

Merci à mes sœurs, mon frère, beaux-frères, belle-sœur, neveux et nièces, d'avoir supporté que je m'enferme ces dernières années, pendant que vous assumiez toute la maisonnée. Promis ! Les prochaines vacances, je ferai ma part du boulot !

Merci papa, pour m'avoir montré la voie d'aller toujours plus loin.

Merci, à vous Gaby, pour m'avoir autant aidée en gardant mes enfants.

A vous tous, merci.



## Résumé

La connaissance orthographique des mots est indispensable au développement d'une lecture experte et rapide et d'une écriture correcte. L'acquisition de ces connaissances orthographiques lexicales est un processus complexe, encore mal compris. Cette acquisition se ferait en grande partie de façon implicite au cours de la lecture. Elle dépendrait alors de la qualité du décodage, d'autres facteurs restant à préciser. Des données théoriques et certains premiers résultats empiriques ont suggéré que le traitement visuel simultané de toutes les lettres du mot est un facteur important pour l'acquisition de son orthographe spécifique. Dans ce travail de thèse, cette hypothèse est testée d'une part par des études de régression, d'autre part par des études expérimentales. Les analyses de régression étudient le lien entre l'empan visuo-attentionnel (EVA), estimant les capacités maximales de traitement visuel simultané, et les connaissances orthographiques lexicales. Les résultats montrent une relation significative entre l'EVA et les connaissances orthographiques lexicales lorsque celles-ci sont évaluées par une épreuve de production écrite ou par un test d'auto-apprentissage. Cette relation est spécifique aux connaissances lexicales puisqu'elle ne se généralise pas à l'orthographe grammaticale. Elle existe indépendamment des capacités de mémoire de travail visuo-spatiale et de lecture. Les études expérimentales, tant chez l'enfant que chez l'adulte, explorent toutes le rôle du traitement visuel simultané sur l'acquisition des connaissances orthographiques en situation d'auto-apprentissage. Cette exploration est conduite en contrastant, pendant une lecture de mots nouveaux, une condition expérimentale où le traitement visuel simultané est possible avec une autre condition où ce type de traitement est impossible. Les résultats mettent en évidence un avantage de la condition avec traitement visuel simultané possible, sur la mémorisation de l'orthographe des mots nouveaux. Cet avantage n'est pas dû à des différences de temps de présentation ou de temps de traitement des items entre les deux conditions et confirme donc que, au-delà des capacités de lecture-décodage, les capacités de traitement visuel simultané sont directement impliquées dans l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales.

Mots clés : orthographe, lecture, connaissances orthographiques, acquisition, auto-apprentissage, traitement visuel

## **Abstract**

### Role of simultaneous visual processing in orthographic lexical acquisition

Word orthographic knowledge is necessary to develop expert and fast reading and correct orthographic production. Lexical orthographic acquisition is a complex and largely unknown process. This acquisition is mostly implicit during reading. It would depend on phonological decoding and on other factors not précised yet. Both theoretical and empirical data suggest that the simultaneous visual processing made during word reading could influence lexical orthographic acquisition. This hypothesis is assessed with both regression analyses and experimental studies. Regression analyses examine the relation between visual attention span (VAS), which estimates the maximal simultaneous processing abilities, and the lexical orthographic knowledge. Results show a significant relation between VAS and lexical orthographic knowledge when this knowledge is assessed with a dictation task or with a self-teaching test. This relation is specific because it doesn't extent to grammatical orthographic knowledge. It exists independently of both visual-spatial working memory and reading skills. Experimental studies, both on children and adults, investigate the role of simultaneous visual processing on lexical orthographic acquisition during self-teaching. This investigation was done with two experimental conditions during the reading of novel words. In the whole word condition, the entire letter-string of a novel word was available at once, while in the partial word condition only sub-lexical parts of the word letter string were available at once. The results show an advantage of the whole word condition on the memorization of novel word orthographic forms. This advantage is not explained by differences of presentation time or of processing time between the two conditions, and confirms that, beyond the phonological decoding skills, simultaneous visual processing abilities of entire words are involved in lexical orthographic acquisition.

Key words : spelling, reading, orthographic knowledge, acquisition, self-teaching, visual processing



# TABLES



<b>TABLES</b>	<b>7</b>
<b>I.1 Liste des figures</b>	<b>16</b>
<b>I.2 Liste des tableaux</b>	<b>18</b>
<b>I.3 Annexes</b>	<b>22</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<b>23</b>
<b>CADRE THEORIQUE</b>	<b>29</b>
<b>Chapitre I. Les connaissances orthographiques lexicales</b>	<b>31</b>
<b>I.1 Définition d'une connaissance orthographique lexicale</b>	<b>31</b>
I.1.1 Ecriture versus orthographe	31
I.1.2 Les différentes orthographes	32
I.1.3 L'unité lexicale	34
<b>I.2 Rôle des connaissances orthographiques lexicales</b>	<b>35</b>
I.2.1 En lecture	35
I.2.2 En production orthographique	37
I.2.2.1 Les associations phonèmes/graphèmes	38
I.2.2.2 La récupération directe de mots	38
I.2.2.3 Le recours à des analogies	39
I.2.2.4 Le recours aux connaissances graphotactiques	39
I.2.2.5 Le recours aux règles	40
I.2.3 Relations lecture/écriture	41
I.2.3.1 Arguments pour une séparation des deux activités	41
I.2.3.2 Arguments pour une relation entre les deux activités	42
I.2.3.3 Complémentarité des deux activités	43
<b>CHAPITRE II Les conceptions théoriques des connaissances orthographiques lexicales</b>	<b>47</b>
<b>II.1 Le lexique, une conception localisée des connaissances orthographiques lexicales</b>	<b>47</b>
II.1.1 Les connaissances orthographiques lexicales dans deux lexiques orthographiques distincts : modèle de Morton	49
II.1.2 Les connaissances orthographiques lexicales dans un lexique orthographique	51
II.1.2.1 Le modèle à deux voies de la lecture : <i>Dual Route Cascade</i> (DRC)	51
II.1.2.2 Le modèle <i>Connectionist Dual Process</i> , (Perry, Ziegler, & Zorzi, 2010)	53
II.1.2.3 Le modèle à deux voies de la production écrite sous dictée	55

<b>II.2 Les réseaux, une conception distribuée des connaissances orthographiques lexicales</b>	<b>58</b>
II.2.1 Les connaissances orthographiques lexicales dans un réseau de type PDP	58
II.2.2 Les connaissances orthographiques dans un réseau de type Multiple Trace Memory	60
<b>CHAPITRE III Le traitement visuel des mots</b>	<b>65</b>
<b>III.1 Données anatomo-fonctionnelles du traitement visuel des mots</b>	<b>65</b>
III.1.1 De l'œil au cortex visuel primaire	65
III.1.2 Le cortex visuel	67
III.1.2.1 Rôle de la voie ventrale	67
III.1.2.2 Rôle de la voie dorsale	69
<b>III.2 L'aire de reconnaissance de la forme visuelle des mots</b>	<b>70</b>
<b>III.3 Neuro-anatomie des deux voies de lecture et d'écriture</b>	<b>72</b>
<b>CHAPITRE IV L'acquisition des connaissances orthographiques lexicales</b>	<b>77</b>
<b>IV.1 Apprentissage des connaissances orthographiques lexicales dans les modèles développementaux</b>	<b>77</b>
IV.1.1 Le modèle à étapes de Frith (1985) et Ehri (1997)	77
IV.1.1.1 Le stade logographique :	78
IV.1.1.2 Le stade alphabétique :	78
IV.1.1.3 Le stade orthographique :	78
IV.1.2 Le modèle à fondation duale (Seymour, 1997)	80
<b>IV.2 L'apprentissage des connaissances orthographiques lexicales par les modèles de lecture experte</b>	<b>83</b>
IV.2.1 Dans les modèles à deux voies	83
IV.2.2 Dans le modèle Multi Traces de lecture	86
<b>IV.3 Comment s'acquièrent les connaissances orthographiques lexicales ?</b>	<b>88</b>
IV.3.1 L'hypothèse d'auto-apprentissage	89
IV.3.1.1 Origine de l'hypothèse : les travaux de Share (1999)	89
IV.3.1.2 Confirmation et précisions de l'hypothèse d'auto-apprentissage	90
.IV.3.1.2.1 Le nombre d'expositions nécessaires	90
.IV.3.1.2.2 L'effet du délai	91
.IV.3.1.2.3 Le rôle du contexte	92
.IV.3.1.2.4 L'âge d'apprentissage	92
.IV.3.1.2.5 Lecture silencieuse ou pas	93

IV.3.2 Insuffisance de la lecture-decodage	94
IV.3.3 Autres facteurs cognitifs impliqués dans l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales	95
IV.3.3.1 Les connaissances orthographiques préalables	95
IV.3.3.2 Le facteur sémantique	96
IV.3.3.3 Le facteur visuo-orthographique	97
<b>IV.4 Le traitement visuel simultané</b>	<b>99</b>
IV.4.1 Qu'est-ce que le traitement visuel simultané ?	99
IV.4.2 Etudes du lien entre traitement visuel simultané et connaissances orthographiques	101
IV.4.3 Pour conclure	103
<b>CHAPITRE V Problématique</b>	<b>105</b>
<b>PARTIE EXPERIMENTALE</b>	<b>109</b>
<b>CHAPITRE VI Etudes corrélationnelles</b>	<b>111</b>
<b>VI.1 Etude 1.</b>	<b>115</b>
VI.1.1 Population	115
VI.1.2 Epreuves	115
VI.1.2.1 Age lexique = Alouette	115
VI.1.2.2 Intelligence non verbale = PM38	116
VI.1.2.3 L'empan visuo-attentionnel : report global et report partiel	116
.VI.1.2.3.1 Stimuli	117
.VI.1.2.3.2 Procédure	117
VI.1.2.4 Mémoire verbale à court terme et de travail	118
.VI.1.2.4.1 Empan endroit	119
.VI.1.2.4.2 Empan envers	119
VI.1.2.5 Mémoire visuo-spatiale à court terme et de travail	119
.VI.1.2.5.1 Stimuli	120
.VI.1.2.5.2 Déroulement	120
VI.1.2.6 Décision Lexicale Orthographique (DLO)	121
.VI.1.2.6.1 Construction de l'épreuve et choix des mots :	121
.VI.1.2.6.2 Déroulement de l'épreuve :	122
.VI.1.2.6.3 Procédure	122
VI.1.3 Résultats	123
VI.1.3.1 Analyses descriptives	123
VI.1.3.2 Corrélations	124
VI.1.3.3 Analyse de régression multiple	125
VI.1.4 Discussion	127

<b>VI.2 Etude 2.</b>	<b>129</b>
VI.2.1 Population	129
VI.2.2 Epreuves	129
VI.2.2.1 Dictée « Le Corbeau »	130
VI.2.3 Procédure	130
VI.2.4 Résultats	131
VI.2.4.1 Description	131
VI.2.4.2 Analyses de régression	132
VI.2.5 Discussion	133
<b>VI.3 Etudes 1 et 2, Conclusion</b>	<b>135</b>
<b>CHAPITRE VII Etudes expérimentales</b>	<b>139</b>
<b>VII.1 Etude 3</b>	<b>143</b>
VII.1.1 Population	143
VII.1.2 Méthodologie	143
VII.1.2.1 Construction des Pseudo-mots	143
VII.1.2.2 Insertion des pseudo-mots dans des textes	145
VII.1.2.3 Manipulation expérimentale : simultané versus séquentiel	145
VII.1.2.4 Epreuves de la phase de test	146
.VII.1.2.4.1 Dictée	146
.VII.1.2.4.2 Reconnaissance	146
VII.1.3 Procédure	147
VII.1.3.1 Session 1	147
VII.1.3.2 Session 2	148
VII.1.4 Résultats	148
VII.1.4.1 Analyses préliminaires	148
.VII.1.4.1.1 Lecture de texte	149
.VII.1.4.1.2 Lecture des pseudo-mots	149
VII.1.4.2 Analyse du score de reconnaissance	150
VII.1.5 Conclusion de l'Etude 3	152
<b>VII.2 Etude 4</b>	<b>155</b>
VII.2.1 Population	155
VII.2.2 Méthodologie	156
VII.2.2.1 Matériel	156
.VII.2.2.1.1 Epreuve contrôle de jugement orthographique	156
.VII.2.2.1.2 Construction des pseudo-mots	157
.VII.2.2.1.3 Manipulation expérimentale	158

VII.2.2.2 Procédure	159
.VII.2.2.2.1 Session 1	160
.VII.2.2.2.2 Session 2	160
VII.2.3 Résultats	161
VII.2.3.1 Analyses préliminaires	161
VII.2.3.2 Dictée	163
VII.2.3.3 Reconnaissance orthographique	164
VII.2.4 Conclusion de l'Etude 4	166
<b>VII.3 Etude 5</b>	<b>169</b>
VII.3.1 Population	169
VII.3.2 Méthodologie	170
VII.3.2.1 Matériel	170
.VII.3.2.1.1 Epreuve contrôle de jugement orthographique	170
.VII.3.2.1.2 Mesure de l'intelligence non verbale : le PM47	170
.VII.3.2.1.3 Matériel expérimental	170
VII.3.2.2 Procédure	170
VII.3.3 Résultats	170
VII.3.3.1 Analyses préliminaires	170
VII.3.3.2 Dictée	172
VII.3.3.3 Reconnaissance	173
.VII.3.3.3.1 Analyse par items	174
VII.3.4 Conclusion de l'Etude 5	175
<b>VII.4 Etude 6</b>	<b>177</b>
VII.4.1 Population	178
VII.4.2 Matériel	178
VII.4.3 Procédure	179
VII.4.3.1 Session 1	179
VII.4.3.2 Session 2	179
VII.4.4 Résultats	179
VII.4.4.1 Analyses préliminaires	179
VII.4.4.2 Analyse de l'épreuve de reconnaissance orthographique	181
VII.4.5 Conclusion de l'Etude 6	183
<b>VII.5 Etude 7</b>	<b>185</b>
VII.5.1 Population	186
VII.5.2 Méthodologie	186
VII.5.2.1 Matériel de Pré-test	186
.VII.5.2.1.1 Les connaissances orthographiques : dictée de mots	186

.VII.5.2.1.2 L'empan visuo-attentionnel	186
VII.5.2.2 Matériel d'auto-apprentissage	187
VII.5.2.3 Post-tests	187
VII.5.3 Procédure	188
VII.5.3.1 Session 1	188
VII.5.3.2 Session 2	188
VII.5.4 Résultats	189
VII.5.4.1 Analyses préliminaires	189
VII.5.4.2 Dictée	189
VII.5.4.3 Reconnaissance orthographique	189
VII.5.5 Conclusion de l'Etude 7	190
<b>VII.6 Etude 8</b>	<b>193</b>
VII.6.1 Population	193
VII.6.2 Méthodologie	193
VII.6.2.1 Construction des pseudo-mots	193
VII.6.2.2 Paradigme expérimental	194
VII.6.3 Procédure	195
VII.6.3.1 Session 1	195
VII.6.3.2 Session 2	196
VII.6.4 Résultats	196
VII.6.4.1 Analyses préliminaires	196
VII.6.4.2 Post-tests : dictée et reconnaissance	196
VII.6.5 Conclusion de l'Etude 8	197
<b>VII.7 Etude 9</b>	<b>199</b>
VII.7.1 Population	199
VII.7.2 Méthodologie	200
VII.7.2.1 Construction des pseudo-mots	200
VII.7.2.2 Paradigme expérimental	202
VII.7.2.3 Post-tests	203
VII.7.3 Procédure	203
VII.7.4 Résultats	203
VII.7.4.1 Analyses préliminaires	203
VII.7.4.2 POST-TESTS	205
VII.7.5 Conclusion de l'Etude 9	206
<b>VII.8 Etude 10</b>	<b>207</b>
VII.8.1 Population	208
VII.8.2 Méthodologie	209



VII.8.2.1 Construction des pseudo-mots cibles	209
VII.8.2.2 Insertion des pseudo-mots dans des textes	210
VII.8.2.3 Manipulation expérimentale	210
VII.8.2.4 Epreuves contrôles	211
VII.8.2.5 Post-tests	212
VII.8.3 Procédure	212
VII.8.3.1 Les prétests	212
VII.8.3.2 Session expérimentale 1	213
VII.8.3.3 Session expérimentale 2	213
VII.8.4 Résultats	214
VII.8.4.1 Analyses préliminaires	214
.VII.8.4.1.1 Lectures et compréhension des textes en fonction des variables	214
.VII.8.4.1.2 Lecture et rappel oral des pseudo-mots en fonction des variables	216
.VII.8.4.1.3 Lecture des pseudo-mots en fonction de leurs occurrences dans le texte	217
.VII.8.4.1.4 Analyse des erreurs en lecture en fonction des syllabes	219
VII.8.4.2 Résultats aux post-tests	220
.VII.8.4.2.1 La tâche de dictée	220
.VII.8.4.2.2 Tâche de reconnaissance	223
.VII.8.4.2.3 Lecture post-test	226
VII.8.5 Conclusion de l'Etude 10	227
<b>VII.9 Conclusion des études expérimentales</b>	<b>229</b>
<b>VII.10 Etude 11. L'EVA prédit-il l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales ?</b>	<b>231</b>
VII.10.1 Population :	231
VII.10.2 Matériel	231
VII.10.3 Résultats	232
VII.10.4 Conclusion de l'Etude 11	235
<b>DISCUSSION</b>	<b>237</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>261</b>

## I.1 LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Relation orthographe-lecture d'après Perfetti (1997). Les deux processus utilisent des représentations lexicales qui ont des éléments orthographiques (O) et phonologiques (P).....	44
<b>Figure 2.</b> Informations stockées dans le lexique mental d'un adulte lettré, tiré de Spinelli & Ferrand (2005) .....	48
<b>Figure 3.</b> Matrice lexicale d'après Miller (1996), tiré de Spinelli & Ferrand (2005). En rangée, entrée par la signification (S), et en colonnes entrée par la forme phonologique ou orthographique des mots (F). La cellule (E) correspond au mot qui a telle forme associée avec telle signification. Par exemple, E12 renvoie à la forme F1 (« canapé ») et à la signification S2 (long siège où plusieurs personnes peuvent s'asseoir), tandis que E11 part de la même forme F1 mais renvoie à une signification différente S1 (tranche de pain garnie de nourriture). .....	49
<b>Figure 4.</b> Version simplifiée du modèle de Morton, 1980 .....	50
<b>Figure 5.</b> Modèle de lecture experte à double voie en cascade, d'après (Coltheart et al., 2001) .....	52
<b>Figure 6.</b> Modèle CDP++ de Perry,C., Ziegler, J. et Zorzi (2010). Les nombres indiquent la position dans les différentes couches, alors que les lettres indiquent le type de représentation (f=caractéristique, o=début, c=coda). S1=première syllabe, S2=seconde syllabe .....	54
<b>Figure 7.</b> Modèle de production orthographique en dictée d'après Rapp, B. Epstein, C. et Tainturier, M-J. (2002). .....	57
<b>Figure 8.</b> Modèle de lecture à traitement parallèle distribué d'après Seidenberg et McClelland, (1989). En gras la partie implémentée du modèle.....	59
<b>Figure 9.</b> Schéma du modèle de lecture MTM, tiré de Valdois, Peyrin, & Baciou (2009). O1=couche orthographique 1, O2=couche orthographique 2, ME=mémoire épisodique, P= couche phonologique. La fenêtre visuo-attentionnelle sur O1 englobe toutes les lettres du mot pour un traitement visuel simultané .....	62
<b>Figure 10.</b> Latéralisation de la vision,( <a href="http://www.lecerveau.mcgill.ca">http://www.lecerveau.mcgill.ca</a> ).....	67
<b>Figure 11.</b> Schéma du modèle de reconnaissance de mots à l'aide de détecteurs de combinaisons locales organisés de façon hiérarchique (modèle LCD), adapté de Dehaene et al., (2005). .....	69
<b>Figure 12.</b> Localisation de la VWFA, Dehaene (2007). .....	73
<b>Figure 13.</b> Schéma des aires cérébrales impliquées dans la lecture-écriture ( <a href="http://www.cofemer.fr">http://www.cofemer.fr</a> ) .....	74
<b>Figure 14.</b> Modèle d'acquisition de la lecture et de l'orthographe de Frith (1985).....	79
<b>Figure 15.</b> Modèle à fondation duale du développement orthographique (Seymour, 1997) .....	82
<b>Figure 16.</b> Schéma du modèle de multiples-voies de la lecture silencieuse tiré de Grainger et Ziegler (2011). 1. L'entrée orthographique se fait par un traitement lettre à lettre. 2. Développement d'un traitement parallèle. 3. Développement de deux types de représentations sublexicales, 3a représentations par bigrammes ouverts, 3b représentations par graphèmes.....	85
<b>Figure 17.</b> Phase d'apprentissage du modèle MTM tiré de Ans, Carbonnel & Valdois (1998). a) la fenêtre englobe le mot entier, b) la fenêtre est réduite sur une partie du mot. O1 = couche orthographique	

d'entrée, O2 =couche orthographique avec la même structure que O1, EM = mémoire épisodique, RM = création de la trace (RM=G en global, RM=A en analytique), Syll = sous-set syllabique. ....	87
<b>Figure 18.</b> Epreuves de report global (a) et partiel(b) de 5 lettres. ....	118
<b>Figure 19.</b> Tâches de mémoire visuo-spatiale, exemple avec un item de 3 flèches, inspiré de Lecerf et Roulin (2004). ....	120
<b>Figure 20.</b> Présentation générale du protocole expérimental d'auto-apprentissage utilisé dans les Etudes 3 à 10. ....	141
<b>Figure 21.</b> Etude 4. Paradigme de présentation des items en phase d'apprentissage, condition simultanée (SIM) ou séquentielle (SEQ). ....	159
<b>Figure 22.</b> Etude 7. Condition de présentation simultanée (a) et séquentielle (b) en phase d'apprentissage. ....	187
<b>Figure 23.</b> Etude 7, Tâche de reconnaissance entre deux homophones. ....	188
<b>Figure 24.</b> Etude 8, Présentation des items dans la condition simultanée (a) et séquentielle (b). ....	195
<b>Figure 25.</b> Etude 9, Présentation des items dans la condition simultanée (a) et séquentielle (b), les temps de présentation diffèrent dans le groupe G1 (temps de traitement de 800 ms) et dans le groupe G2 (temps de traitement de 400 ms). ....	202
<b>Figure 26.</b> Exemple de présentation d'un texte à l'écran avant de commencer la lecture. Les 4 pseudo-mots cibles et 4 autres mots sont remplacés par des « soulignés ». ....	210
<b>Figure 27.</b> Etude 10, Présentation des pseudo-mots insérés dans les textes, en condition simultanée (a) ou séquentielle (b). Lorsque l'enfant arrive à un mot manquant (trait souligné), il doit appuyer sur la barre d'espace pour déclencher l'apparition du mot. ....	211
<b>Figure 28.</b> Moyennes des erreurs de lecture en fonction des occurrences et de la condition de présentation. ....	217

## I.2 LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b> Comparaison de modèles de lecture de mots inspiré de Ferrand et New (2003).....	63
<b>Tableau 2.</b> Etude 1, résultats des 99 sujets retenus (EVA = empan visuo-attentionnel ; DLO = décision lexicale orthographique ; MC = mots courts ; ML = mots longs ; PMC = pseudo-mots courts ; PML = pseudo-mots longs .....	123
<b>Tableau 3.</b> Etude 1, corrélations entre les différentes épreuves (AR = âge réel, AL = âge lexicale, EVA = empan visuo-attentionnel, DLO = décision lexicale orthographique, MC = mots courts, ML = mots longs).....	125
<b>Tableau 4.</b> Etude 1, Résultats de l'analyse de régression conduite sur l'âge lexicale .....	126
<b>Tableau 5.</b> Etude 1, Résultats ( $R^2$ ajoutés) des analyses de régression conduites sur les mesures prises en décision lexicale orthographique (EVA = empan visuo-attentionnel) .....	126
<b>Tableau 6.</b> Etude 2, Caractéristiques des sujets aux différentes épreuves (EVA = empan visuo-attentionnel, DP = dictée, score phonologique, DU = dictée, score d'usage, DG = dictée, score grammatical) .....	131
<b>Tableau 7.</b> Etude 2, Corrélations entre les différentes épreuves (EVA = empan visuo-attentionnel, DP = dictée, score phonologique, DU = dictée, score d'usage, DG = dictée, score grammatical).....	132
<b>Tableau 8.</b> Résultats des analyses de régression ( $R^2$ ajouté) sur les score d'usage (DU) et grammatical (DG) à l'épreuve de dictée « le corbeau » .....	133
<b>Tableau 9.</b> Résumé des caractéristiques principales des différentes solutions expérimentales dans les études 3 à 10. (PM = pseudo-mot ; S1 = première syllabe ; S2 = seconde syllabe).....	142
<b>Tableau 10.</b> Liste des 12 phonèmes cibles et des paires de graphèmes complexes correspondants et leur position dans le pseudo-mot. ....	144
<b>Tableau 11.</b> Ensemble des 24 pseudo-mots répartis en sets et sous-sets et leur catégorie sémantique (n.c = nom commun, n.p = nom propre). ....	145
<b>Tableau 12.</b> Moyennes (écarts-types) en lecture de texte et de traitement phonologique des items cibles pendant la lecture, en fonction de la session et de la condition (SIM vs SEQ). ....	148
<b>Tableau 13.</b> Etude 3, Pourcentage de choix sur chaque type d'item dans l'épreuve de reconnaissance en fonction de la condition de présentation (SIM= Simultané vs. SEQ=Séquentiel) et du délai (7 jours vs. 0 jour), résultats du $\chi^2$ .....	150
<b>Tableau 14.</b> Nombre de pseudo-mots bien reconnus et nombre de pseudo-mots mal reconnus dans la tâche de reconnaissance, en fonction de la condition de présentation (SI vs. SE) et de la difficulté de lecture (bien lus vs. mal lus) pendant la phase d'apprentissage.....	152
<b>Tableau 15.</b> Caractéristiques des participants. Moyennes ( M) d'âge réel et d'âge lexicale exprimées en années et mois, écart-type (T) et étendue en mois. Score moyen au PM38, et score moyen à la tâche de jugement sur 42. 31 participants de 3 <sup>ème</sup> , 28 de 4 <sup>ème</sup> et 29 de 5 <sup>ème</sup> année de primaire. ....	156
<b>Tableau 16.</b> Etude 4, Liste des 14 phonèmes ou combinaisons de 2 phonèmes, des deux graphies complexes correspondantes choisies pour la construction des pseudo-mots cibles.....	157

<b>Tableau 17.</b> Etude 4, Ensemble des 28 pseudo-mots répartis en sets et sous-sets.....	158
<b>Tableau 18.</b> Etude 4, Pourcentage de pseudo-mots bien lus, temps d'apparition de la première syllabe (nombre de syllabes par seconde) et vitesse de lecture des pseudo-mots (nombre de PM par seconde) pendant la phase d'auto-apprentissage, en fonction du niveau scolaire (3 <sup>ème</sup> , 4 <sup>ème</sup> et 5 <sup>ème</sup> année de primaire) et de la condition de présentation (SIM vs. SEQ).....	162
<b>Tableau 19.</b> Etude 4, Moyenne du nombre d'erreurs commises lors de la dictée en fonction du niveau scolaire, de la syllabe (S1 ou S2) et de la condition de présentation des items (SIM = simultanée, SEQ = séquentielle). .....	163
<b>Tableau 20.</b> Etude 4, Pourcentage de choix sur chaque type d'item dans l'épreuve de reconnaissance en fonction de la condition de présentation (SIM= Simultané vs. SEQ=Séquentiel) et du niveau scolaire (3 <sup>ème</sup> à 5 <sup>ème</sup> année de primaire), résultats du Chi <sup>2</sup> . ....	165
<b>Tableau 21.</b> Etude 4, Nombre d'items bien reconnus ou non dans la tâche de reconnaissance orthographique, en fonction de la condition de présentation et de la difficulté de décodage (bien lus ou mal lus) lors de la phase d'auto-apprentissage. ....	166
<b>Tableau 22.</b> Etude 5. Caractéristiques des participants par niveau scolaire, 34 enfants de 1 <sup>ère</sup> année et 42 de 2 <sup>ème</sup> année de primaire. Age réel et âge lexiques moyens (M) en années et mois, écarts-types (ET) et étendues en mois. Score moyen au PM47 et score moyen à la tâche de jugement orthographique sur 42. .....	169
<b>Tableau 23.</b> Etude 5, Pourcentages de pseudo-mots bien lus, temps d'apparition de la première syllabe (nombre de syllabes par seconde) et vitesse de lecture des pseudo-mots (nombre de PM par seconde) pendant la phase d'auto-apprentissage, en fonction du niveau scolaire (1 <sup>ère</sup> année, 2 <sup>ème</sup> année) et de la condition de présentation. ....	171
<b>Tableau 24.</b> Etude 5, Moyennes (écarts-types) du nombre d'erreurs commises lors de la dictée en fonction de la première (S1) ou deuxième syllabe(S2) et en fonction de la condition de présentation des items, simultanée (SIM) ou séquentielle (SEQ), et du niveau scolaire, 1 <sup>ère</sup> année ou 2 <sup>ème</sup> année. ....	173
<b>Tableau 25.</b> Etude 5, Scores moyens (écarts-types) des choix opérés dans l'épreuve de reconnaissance orthographique en fonction du type d'item, du niveau scolaire (1 <sup>ère</sup> année à 2 <sup>ème</sup> année) et de la condition de présentation : (simultanée = SIM, séquentielle = SEQ), analyses de Chi <sup>2</sup> .....	174
<b>Tableau 26.</b> Etude 5, Nombre d'items reconnus ou non dans la tâche de reconnaissance orthographique, en fonction de la condition de présentation et de la difficulté de décodage (bien lus ou mal lus) lors de la phase d'auto-apprentissage. ....	174
<b>Tableau 27.</b> Etude 6, Caractéristiques générales des participants et tests de comparaison des deux groupes. Age réel et lexique exprimés en mois (écart-type). Résultats des test de Student.....	178
<b>Tableau 28.</b> Etude 6, Pourcentage de pseudo-mots correctement lus et vitesses de lecture (en item par seconde) dans chaque condition de présentation (SIM = simultanée, SEQ = séquentielle) ....	180
<b>Tableau 29.</b> Etude 6, Pourcentages moyens (et écart-types) des choix sur chaque type d'homophone en reconnaissance orthographique, par condition Sim = simultanée, SEQ = séquentielle) et par délai. ....	182
<b>Tableau 30.</b> Etude 6, Nombre total d'items reconnus ou pas en fonction de leur condition de présentation et de leur lecture pendant la phase d'apprentissage.....	182

<b>Tableau 31.</b> Etude 7, Moyennes (écart-type) sur les tâches de reconnaissance orthographique et de dictée en fonction de la condition de présentation (SIM = simultanée, SEQ = séquentielle).....	190
<b>Tableau 32.</b> Pseudo-mots utilisés pour les études 8 et 9. ....	194
<b>Tableau 33.</b> Etude 8, Moyennes (écart-type) et étendues des mesures prises sur la lecture en phase d'apprentissage (TR = Temps de Réaction en millisecondes) en fonction de la condition de présentation (SIM vs. SEQ). Pour chaque condition de présentation, le score maximum de bonnes lectures est de 14 (2x7).....	196
<b>Tableau 34.</b> Etude 8, Moyennes (écart-types) sur les tâches de reconnaissance et de dictée en fonction de la condition de présentation (SIM = simultanée, SEQ = séquentielle) .....	197
<b>Tableau 35.</b> Etude 9. Caractéristiques des participants répartis dans les groupes 1 et 2. Age réel moyen et écart-type (ET), niveau d'études après le bac, score de l'empan visuo-attentionnel (EVA) exprimé en pourcentage, scores obtenus à la tâche de mémoire verbale (empan de chiffres endroit et empan de chiffres envers), niveau orthographique.....	199
<b>Tableau 36.</b> Etude 9, Liste des 12 phonèmes cibles, leurs 2 graphies cibles et la fréquence par million (Manulex infra) de chaque graphie .....	200
<b>Tableau 37.</b> Etude 9, Liste des 24 pseudo-mots et leur répartition dans les sets A et B et sous-sets. ....	201
<b>Tableau 38.</b> Nombre moyen (écart-type) de pseudo-mots bien lus pendant la phase d'auto-apprentissage et temps de réaction moyen en millisecondes, en fonction de la condition de présentation et du temps de traitement.....	204
<b>Tableau 39.</b> Etude 9, Moyennes (écart-types) sur la tâche de dictée en fonction de la condition de présentation (Sim = simultanée, SEQ = séquentielle) et du temps de traitement .....	205
<b>Tableau 40.</b> Etude 10, Caractéristiques des 150 participants répartis en deux groupes homogènes de 75 sujets, et résultats au t-test de Student. ....	209
<b>Tableau 41.</b> Répartition des 150 participants en fonction des sets lus, dans chacune des conditions expérimentales. ....	213
<b>Tableau 42.</b> Etude 10, Résultats des mesures prises pendant la lecture des textes : nombre d'erreurs de lecture, compréhension et rappel phonologique des pseudo-mots lus.....	215
<b>Tableau 43.</b> Etude 10, Moyennes (écart-types) des erreurs de lecture en fonction de la syllabe (S1 vs. S2) et de la condition de présentation, et leur étendue. ....	220
<b>Tableau 44.</b> Etude 10, Scores moyens (écart-types) en dictée mots entiers (max = 3) en fonction du temps de présentation, du délai et de la condition de présentation.....	221
<b>Tableau 45.</b> Etude 10, Nombre moyens d'erreurs (écart-types) commis en dictée sur la première ou deuxième syllabe, en fonction de la condition de présentation .....	221
<b>Tableau 46.</b> Etude 10, Nombre d'items bien écrits et mal écrits en dictée en fonction de la condition de présentation (SIM vs. SEQ), du délai (0 vs. 7 jours) et du décodage (bien lus vs. mal lus).....	222
<b>Tableau 47.</b> Etude 10, Sommes des pseudo-mots cibles et des pseudo-mots homophones choisis lors de la tâche de reconnaissance orthographique et résultats du Chi <sup>2</sup> en fonction de la condition de présentation, simultanée versus séquentielle. ....	223

<b>Tableau 48.</b> Etude 10, Moyenne (écarts-types) de pseudo-mots bien reconnus et temps de réaction en millisecondes en fonction du temps de présentation, de la condition de présentation et du délai.....	224
<b>Tableau 49.</b> Etude 10, Nombre d'items reconnus et non reconnus dans la reconnaissance orthographique en fonction de la condition de présentation (SIM vs. SEQ), du délai (0 vs. 7 jours) et du décodage (bien lus vs. mal lus). ....	225
<b>Tableau 50.</b> Etude 10, Moyennes (écart-types) du nombre d'erreurs effectuées pendant la lecture en post-test sur les pseudo-mots appris, en fonction de la condition de présentation, du temps de traitement et du délai. Moyennes et écart-types des temps de réaction en millisecondes pour lire les pseudo-mots appris. ....	226
<b>Tableau 51.</b> Etude 11, Moyennes, écart-types et étendues des différents scores obtenus lors des tests (EVA = empan visuo-attentionnel, et des épreuves d'auto-apprentissage en fonction de la condition de présentation (Sim = simultané, SEQ = séquentielle) .....	233
<b>Tableau 52.</b> Etude 11, Corrélations entre les différentes épreuves (AR = âge réel, AL = âge lexique, EVA = empan visuo-attentionnel, SIM = condition de présentation simultanée, SEQ = condition de présentation séquentielle) .....	234
<b>Tableau 53.</b> Résultats des analyses de régression ( $R^2$ ajoutés) effectuées sur la dictée en fonction de la condition de présentation (SIM = simultanée, SEQ = séquentielle), sans (gauche du tableau) ou avec (à droite du tableau) prise en compte de l'âge lexique.....	235

## I.3 ANNEXES

Annexe I .....	279
Annexe II .....	281
Annexe III .....	282
Annexe IV .....	283
Annexe V .....	285



# INTRODUCTION



Vu l'importance du langage écrit dans notre société, la question de l'acquisition des connaissances orthographiques (i.e., de la forme orthographique des mots) revêt un caractère fondamental. En français, elle est longue et complexe. Pourtant, posséder ce type de connaissances permet non seulement de lire vite et bien mais aussi d'écrire correctement. Or, la complexité de notre langue fait que bon nombre de mots ne peuvent s'écrire par simple transcription phono-graphémique (e.g., orchidée, écho, femme, oignon...). En effet, si certains phonèmes sont consistants, c'est-à-dire qu'ils s'écrivent presque toujours avec le même graphème (e.g., dans 95 % des cas /p/ s'écrit « p », (Véronis, 1988), d'autres, plus nombreux, se transcrivent de différentes manières (e.g., /o/ peut s'écrire « au », « eau », « o », « ot », « ô », « os »,...), ils sont qualifiés d'inconsistants. Cette caractéristique fait qu'on ne peut pas écrire une grande partie des mots si l'on se réfère uniquement à des connaissances générales sur les relations phonèmes-graphèmes.

Il est donc admis dans la littérature que les connaissances orthographiques lexicales sont acquises au contact du langage écrit et disponibles en mémoire à long terme. En pratique, deux situations d'apprentissage permettent cette acquisition. La première, est une situation d'apprentissage dirigé et explicite, où l'enfant voit une forme écrite et où l'adulte lui en fait la lecture. Lorsque l'enfant a acquis suffisamment de connaissances des correspondances graphèmes-phonèmes, il devient capable de lire seul, et donc de produire seul la forme orale du mot qu'il voit. Share (1995, 1999) avance l'hypothèse d'auto-apprentissage pour expliquer cette situation. Selon cette hypothèse, la lecture-décodage est une condition *sine qua non* de l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales. De ce fait, tout bon lecteur serait bon scripteur. Or, les difficultés de mémorisation de l'orthographe française, chez les enfants comme chez les adultes, sont fréquentes, même s'ils sont normo-lecteurs. Plusieurs études sur l'auto-apprentissage ont démontré que l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales ne dépendaient pas uniquement d'un décodage correct (Cunningham, 2006; Cunningham, Perry, Stanovich, & Share, 2002; Nation, Angell, & Castles, 2007; Share, 1999, 2004). Ces données suggèrent qu'il existerait d'autres facteurs, en plus du décodage, impliqués dans l'apprentissage de l'orthographe.

Un facteur visuo-orthographique a été avancé par Share (1995, 1999), dès le début de l'hypothèse d'auto-apprentissage. Toutefois, la définition précise de ce facteur reste difficile, certaines études agrégeant dans ce terme des mesures aussi bien de choix orthographiques que de recherche visuelle ou de mémoire à court terme visuelle (Share, 2008). Cependant,

quelques études récentes (e.g., Kwon, Legge, & Dubbels, 2007; Martens & de Jong, 2006) révèlent le rôle du traitement visuel multilettré dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale.

Le modèle connexionniste de lecture MTM (Ans, Carbonnel, & Valdois, 1998) offre un cadre théorique pertinent pour mieux comprendre le rôle de ce traitement visuel dans l'apprentissage. La particularité de ce modèle est l'existence d'une fenêtre visuo-attentionnelle, de taille variable, à travers laquelle l'information orthographique est extraite. Même si ce modèle est un modèle de lecture experte, il simule une phase d'apprentissage durant laquelle, pour que la forme orthographique du mot entier soit mémorisée, il faut qu'il reçoive et traite simultanément l'information orthographique du mot entier et la forme phonologique. Ainsi, la fenêtre visuo-attentionnelle doit porter sur le mot entier. Ce fonctionnement, conforme à l'hypothèse d'auto-apprentissage de Share, permet de faire une hypothèse complémentaire sur le traitement visuo-attentionnel pendant l'auto-apprentissage. Le traitement visuel simultané semblerait être impliqué dans l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales. L'hypothèse d'un rôle des capacités de traitement visuel simultané dans cette acquisition des connaissances orthographiques a été confirmée par plusieurs études auprès d'enfants dyslexiques (Bosse, Tainturier, & Valdois, 2007) et normo-lecteurs (Bosse & Valdois, 2009). Toutefois, ces études ne démontrent pas l'existence d'un véritable lien causal entre le traitement visuel simultané et les connaissances orthographiques lexicales. C'est l'objectif de ce travail de thèse.

Dans une première partie théorique, nous définirons précisément ce que sont les connaissances orthographiques lexicales et aborderons ensuite les différentes conceptions théoriques relatives à ces connaissances. La lecture-écriture impliquant forcément un versant visuel nous traiterons, dans une troisième section, du traitement visuel, d'un point de vue anatomique et neurologique. Dans la quatrième partie, nous considérerons plus spécifiquement l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales et verrons comment le traitement visuel simultané pourrait être un facteur cognitif impliqué dans cet apprentissage. Dans une deuxième partie expérimentale, des études corrélationnelles testent un lien possible entre les capacités visuo-attentionnelles et les connaissances orthographiques lexicales mesurées par une tâche de décision lexicale (Etude 1) et une tâche de production orthographique (Etude 2), et ce, indépendamment de la mémoire de travail visuo-spatiale. Les études expérimentales qui suivent (Etudes 3 à 10) explorent toutes le rôle

du traitement visuel simultané sur l'acquisition de l'orthographe lexicale par auto-apprentissage, en contrastant une condition expérimentale où le traitement visuel simultané est possible (SIM), c'est-à-dire où toutes les lettres des items sont présentées simultanément pendant l'apprentissage, avec une autre condition où les items sont présentés séquentiellement (SEQ), c'est-à-dire où l'ensemble des lettres de l'item ne sont jamais visibles simultanément. Par la dernière étude proposée dans ce travail de thèse, l'existence d'un lien entre capacités visuo-attentionnelles et capacités d'auto-apprentissage de l'orthographe lexicale sera testée. Pour finir, les résultats obtenus seront discutés en regard de la littérature dans la dernière partie.



# CADRE THEORIQUE





# CHAPITRE I.

## LES CONNAISSANCES ORTHOGRAPHIQUES LEXICALES

### I.1 DÉFINITION D'UNE CONNAISSANCE ORTHOGRAPHIQUE LEXICALE

L'apprentissage du langage écrit est une des étapes incontournables dans le développement de l'enfant. Celle-ci est longue et complexe car elle est le passage du monde de l'oral, que l'on pourrait qualifier de naturel, au monde de l'écrit, qui ne l'est pas. L'écriture est ainsi « *une représentation visuelle et durable du langage* » (Cohen, 1958).

#### I.1.1 ECRITURE VERSUS ORTHOGRAPHE

Quelle différence fait-on entre l'écriture et l'orthographe ?

En fait, la notion d'écriture est très large car elle désigne aussi bien la forme graphique de nos lettres que les dessins retrouvés dans la grotte de Lascaux par exemple (Jaffré, 1997). Sa fonction est de laisser une trace écrite correspondant à un message qui doit être communicable. Elle doit respecter un code partagé entre un scripteur et un lecteur. Nous parlerons maintenant uniquement des écritures qui sont le reflet d'une langue orale et en assurent la pérennité.

Comme il existe plusieurs milliers de langues dans le monde, il existe plusieurs types d'écriture ; logographique pour le chinois ou le kanji japonais, syllabique pour le kana japonais, alphabétique pour le français, l'anglais, le serbo-croate par exemple. Ces différents types d'écriture répondent au concept de mixité qui est à la base de l'écriture. Jaffré (1997) définit ce concept par la combinaison de deux principes ; le principe phonographique et le principe sémiographique. Le premier désigne les correspondances entre unités non significatives de l'oral (phonèmes ou syllabes) et les unités non significatives de l'écrit (phonogrammes, syllabogrammes), il aboutit aux syllabaires et aux alphabets. Le second reflète la dimension morpho-syntaxique de la langue, sa décomposition en morphèmes (plus petite unité porteuse de sens) et mots. Selon ce principe, ce qui s'écrit est ce qui se dit, ce qui se signifie. L'écriture est la représentation d'un sens.

C'est parce que l'écriture ne naît pas par hasard de sa relation avec la langue, c'est parce qu'elle devient un outil utile et influent dans une société, qu'elle va s'imposer comme une norme sociale. Avec le temps, elle va se normaliser, se figer. Petit à petit, l'écriture va dépendre de lois, de règles, d'un fonctionnement ; elle devient une *convention orthographique sociale* (Jaffré, 1997). L'écriture, trace symbolique dépendante de la culture d'origine devient l'orthographe, ensemble de normes régissant l'écriture d'une langue. Dans la suite, nous restreindrons notre exposé à l'orthographe des langues alphabétiques.

### **I.1.2 LES DIFFÉRENTES ORTHOGRAPHES**

Au sein des langues écrites alphabétiques, cette pluralité des orthographes renvoie d'une part au degré de transparence ou d'opacité d'une orthographe, et d'autre part, au sein d'une même langue écrite, à deux catégories d'orthographe différentes, grammaticale et lexicale.

Un des principes de la langue écrite est le principe phonographique. Or, le degré de transparence de l'orthographe va dépendre de ce principe. En effet, pour transcrire les phonèmes d'une langue, l'écriture utilisera des graphèmes. La notion de transparence ou d'opacité d'une orthographe correspond à la complexité des règles de correspondances entre phonèmes et graphèmes. Dans certaines langues alphabétiques, telles que l'italien ou le serbo-croate par exemple, la plupart des phonèmes ne peuvent s'écrire qu'avec un seul graphème. On parle dans ce cas de langues très transparentes. Ce n'est pas le cas des systèmes orthographiques français ou anglais, qualifiés d'opaques. En fait, les langues alphabétiques peuvent se répartir sur un continuum allant de « très transparent » à « opaque » (Bonin, Collay, & Fayol, 2008; Ferrand, 2007; Lété, Peereman, & Fayol, 2008; Peereman, Dufour, & Burt, 2009).

En français, l'alphabet comprend 26 lettres qui servent à transcrire 36 phonèmes. De ce fait, l'unité de transcription ne peut pas être la lettre mais le graphème. Certains graphèmes sont qualifiés de complexes car composés par plusieurs lettres (e.g., « ein », « ill »). Mais la complexité ne s'arrête pas là. En effet, il s'avère que pour des raisons d'évolution de la langue (par exemple le « s » du vieux français est remplacé par un accent circonflexe, *hospital* devient *hôpital*), d'origine différente des mots (latines, grecques, mais également arabes, anglaises, etc.), à un même phonème correspondent plusieurs graphèmes. Il existe 130 graphèmes pour transcrire les 36 phonèmes de la langue française (Catach, 1986; Fayol

& Jaffré, 2008; Jaffré, 1992). Par exemple, Fayol (2003) indique que le phonème /k/ peut s'orthographier « c », « qu », « k », « ck », « ch ». Ziegler, Jacobs et Stone (1996) ont dénombré jusqu'à treize graphèmes pour le son /o/ et rapportent qu'un mot monosyllabique possède en moyenne 3,67 possibilités d'écriture. Cette opacité de la langue renvoie à la notion de « consistance orthographique » définie par Bonin et al. (2008). Pour ces auteurs, *« la consistance orthographique renvoie à la stabilité des correspondances qui existent entre deux ensembles de codes : les codes orthographiques et les codes phonologiques. »* Selon Ziegler et al. (1996), 79,1 % des mots monosyllabiques français sont inconsistants phono-orthographiquement et 12,4 % sont inconsistants ortho-phonologiquement. Selon Véronis (1988) seule la moitié des mots pourrait être écrite par l'utilisation d'une correspondance graphophonémique. Ainsi, si le nombre de phonèmes d'une langue est plus important que celui de graphèmes, alors les correspondances phono-graphémiques sont plus aisées et l'écriture plus facile que la lecture. Dans le cas contraire, comme en français, les correspondances phono-graphémiques sont plus complexes et la lecture plus facile que l'écriture. Par exemple, le mot « enfant » est consistant dans le sens grapho-phonémique (98,98 %<sup>1</sup> selon la base de données Manulex infra de Peereman, Lété, & Sprenger-Charolles, 2007), et relativement inconsistant dans le sens phono-graphémique (59,24 %). Le mot « ami », quant à lui, est consistant dans les deux sens (98,93 % et 82,6 %), inversement à « automne » qui présente une « double inconsistance » (5,98 % et 51,74 %). Nous avons évoqué l'existence de deux catégories orthographiques. Par ce terme de catégorie, nous souhaitons différencier l'orthographe grammaticale de l'orthographe lexicale. La première se rapporte aux formes fléchies des mots et renvoie aux accords en genre et en nombre (morphologie flexionnelle) et à l'emploi des modes et des temps verbaux (conjugaison) dans une phrase. Elle renvoie également aux relations que les mots entretiennent dans une phrase, à l'appartenance de ces mots à telle ou telle catégorie grammaticale (e.g., adjectif, nom, verbe, etc.). La seconde est relative à la forme orthographique des mots tels que l'on peut les trouver dans un dictionnaire. Dans notre travail nous nous intéressons plus particulièrement à l'orthographe lexicale, c'est donc à l'unité mot que notre propos se réfèrera.

---

<sup>1</sup>La consistance G-P est égale à la fréquence avec laquelle une association graphème-phonème apparaît divisée par la fréquence totale du graphème quelle que soit sa prononciation. L'index de consistance obtenu est multiplié par 100. Sa valeur maximale est de 100. La consistance PG est égale à la fréquence avec laquelle une association phonème-graphème apparaît, divisée par la fréquence totale du phonème et multiplié par 100.

### I.1.3 L'UNITÉ LEXICALE

Le mot est un objet linguistique qui fait référence à un concept en associant une forme et un sens. Pour Ferrand (2007) c'est un « *élément linguistique significatif formé d'une suite non aléatoire de lettres entourées par deux blancs* ». De ce fait, les connaissances orthographiques lexicales vont porter sur la forme écrite du mot. Or, le mot possède une structure orthographique, phonologique et morphologique qui jouent un rôle important dans les mécanismes d'identification et de production. Ainsi, lorsqu'on aborde les connaissances orthographiques lexicales, on peut distinguer, comme le font Pacton, Fayol et Lété (2008), les connaissances orthographiques morphologiques, générales et spécifiques.

Si le phonème est la plus petite unité sonore du langage, le morphème est quant à lui, la plus petite unité porteuse de sens. Grâce aux connaissances morphologiques nous pourrions signifier à l'écrit des aspects sans contrepartie phonologique. C'est le cas du pluriel (e.g., « il timbre » ou « ils timbrent »), mais c'est aussi le cas de certaines consonnes muettes finales comme dans « camp » que l'on peut lier à « campeur ». On distingue deux classes majeures de morphèmes :

- les morphèmes grammaticaux (ou grammèmes), séparés en morphèmes grammaticaux libres qui ont une existence propre comme qui, que, quoi, dont..., et les morphèmes grammaticaux liés. Ces derniers sont les préfixes (e.g., a-, in-, dé-), les suffixes (e.g., -ette, -eur), on parle ici d'affixes dérivationnels et l'étude s'y rapportant est la morphologie dérivationnelle. La morphologie flexionnelle, quant à elle, correspond aux marques de pluriel, de genre, et terminaisons verbales (voir Spinelli et Ferrand (2005), Figure 6 p.16, pour une représentation en arbre de la structure morphologique des mots « nuages », « faxable », « camion-citerne » et « refaire »).

- les morphèmes lexicaux (aussi appelés bases, racines ou lexèmes) : ce sont les unités centrales des mots dans la plupart des langues parce qu'ils peuvent se retrouver seuls. Par exemple « marche » est indivisible et a un sens propre, contrairement à « marcher » qui a le sens de faire une marche et qui est une combinaison de deux morphèmes.

Pacton (2008) distingue les connaissances morphologiques et les connaissances orthographiques générales. Par ce terme, il fait référence à la sensibilité aux régularités graphotactiques de la langue, c'est-à-dire aux régularités relatives à l'ordre des lettres. En français, certaines consonnes ne sont jamais doublées (e.g., « v »). Celles qui le sont, ne le

sont jamais en début de mot (e.g., mmamouth pour mammouth). De même, le phonème /o/ transcrit avec le graphème « eau » est fréquent à la fin d'un mot et inexistant en position initiale (e.g., eaupération pour opération), il est également plus fréquent après la lettre « v » (e.g., veau, caveau) qu'après la lettre « f » (Pacton, Fayol, & Perruchet, 2002).

Le dernier type de connaissances orthographiques référencé par Pacton (2008) est relatif aux connaissances orthographiques spécifiques d'un mot. L'orthographe française est opaque, de ce fait les connaissances graphémiques ne suffisent pas pour orthographier tous les mots (e.g., le phonème /ã/ peut être transcrit par les graphèmes « an », « en », « am », « em »). En effet, l'existence des mots irréguliers (e.g., « femme », « monsieur », « oignon », etc.) oblige le lecteur ou scripteur à activer les connaissances orthographiques lexicales spécifiques de ces mots pour pouvoir produire leur forme écrite sans erreur.

**Pour résumer ;** les connaissances orthographiques lexicales spécifiques portent sur l'orthographe des mots pris isolément et se distinguent des connaissances de la structure morphémique des mots ou des connaissances des régularités graphotactiques. Dans l'ensemble de notre travail dédié à l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales spécifiques, les considérations étymologiques, les accords en genre et en nombre, la conjugaison ne seront pas prises en considération.

Après avoir défini ces connaissances orthographiques lexicales, nous allons, dans la partie suivante, détailler leur implication dans une situation de lecture, puis dans une situation d'écriture. Nous discuterons également, à travers le rôle des connaissances orthographiques lexicales, de la relation entre lecture et écriture.

## **I.2 ROLE DES CONNAISSANCES ORTHOGRAPHIQUES LEXICALES**

### **I.2.1 EN LECTURE**

La lecture est la transcription phonologique des mots écrits ; à partir de la forme écrite d'un mot le lecteur doit donner sa forme orale. Elle implique donc un traitement visuel, une mise en correspondance de la forme écrite avec la forme orale du mot et une articulation phonatoire. La lecture repose sur la reconnaissance des mots (Conrad, 2008) ou des unités sublexicales.

« En lecture, les lettres, les mots et les signes de ponctuation sont écrits, concrets et permanents et de ce fait relativement faciles à définir quant à leurs caractéristiques physiques » (Fayol & Jaffré, 2008). Lire un mot peut se faire à partir d'indices partiels (Pacton, 2008). Toutefois, les connaissances orthographiques lexicales sont indispensables pour lire vite et bien car elles permettent une reconnaissance rapide et sans effort des mots connus du lecteur. Ainsi, un lecteur expert, disposant de connaissances orthographiques lexicales nombreuses et facilement accessibles, pourra allouer toute son attention aux traitements de haut niveau, telle que la compréhension, car le coût cognitif nécessaire à l'identification des mots écrits sera faible. Au contraire, un débutant lecteur, disposant de peu ou pas du tout de connaissances orthographiques lexicales, devra allouer beaucoup plus d'attention à l'identification des mots, au détriment des traitements sémantiques. En effet, l'absence de connaissances orthographiques lexicales implique le plus souvent l'emploi de la stratégie de conversion graphème-phonème, à savoir le décodage. Cette stratégie est utilisée très tôt dans l'apprentissage de la lecture et reste effective même lorsqu'on est devenu un lecteur expert, pour pouvoir lire tout mot nouveau. L'existence ou non des connaissances orthographiques lexicales détermine également l'emploi de différentes stratégies de lecture, même pour des mots inconnus. L'utilisation par exemple de l'analogie montre l'existence de connaissances lexicales orthographiques. Un lecteur pourra décoder le pseudo-mot « pien » par analogie avec « bien » qu'il connaît.

Différents effets peuvent rendre compte de l'activation des connaissances orthographiques lexicales. Les deux principaux sont l'effet de lexicalité et l'effet de fréquence. L'effet de lexicalité, rapporté par exemple par Delahaie, Sprenger-Charolles et Serniclaes (2007), est le fait que les mots réels sont identifiés plus rapidement que les pseudo-mots. Par exemple, un lecteur expert répond plus rapidement pour dire que « bateau » est un mot, que pour dire que « parfal » est un pseudo-mot. L'accès lexical est marqué également par la fréquence d'utilisation. Il reflète le fait que les mots apparaissant plus fréquemment dans une langue donnée sont traités plus rapidement et produisent moins d'erreurs de reconnaissance que des mots apparaissant moins fréquemment (Carreiras, Mechelli, & Price, 2006; Grainger, Spinelli, & Ferrand, 2000; Martinet, Valdois, & Fayol, 2004; Sprenger-Charolles, Siegel, & Béchennec, 1997). Cet effet est robuste aussi bien à travers les tâches expérimentales (décision lexicale, dénomination, identification perceptive, catégorisation sémantique) qu'à travers les langues (Balota, 2004; Williams & Morris, 2004).

D'autres effets observés dans des situations expérimentales particulières sont également liés à l'activation de connaissances lexicales orthographiques. C'est le cas de l'effet du voisinage orthographique. Un voisin orthographique est un mot qui diffère de la cible par une seule lettre (e.g., « bain », « pain », « main », etc.). Dans une tâche de décision lexicale, les pseudo-mots sont moins vite rejetés lorsqu'ils sont voisins orthographiques d'un mot réel, et ce d'autant plus si ce voisin orthographique est fréquent (Forster, 1989; Nakayama, Sears, & Lupker, 2008; Segui & Grainger, 1990). Les sujets mettent plus de temps à discriminer « cain » comme pseudo-mot que « kein ». L'effet de l'âge d'acquisition du mot peut également être évoqué. Les mots appris précocement sont lus plus rapidement que les mots dont l'acquisition a été plus tardive (Bonin, 2005; Ferrand, Grainger, & New, 2003; Kremin, 2007; Morrison & Ellis, 1995). Toutefois, Zevin et Seidenberg (2002) contestent les résultats obtenus et montrent que les effets d'âge d'acquisition et de fréquence peuvent être confondus, car les premiers mots rencontrés sont souvent les plus fréquents. Enfin, l'effet de l'amorçage sémantique peut également témoigner de la connaissance du mot. En effet, la présentation d'une amorce sémantique, même très rapidement (40 à 60 ms), facilite l'accès à un mot. Par exemple, le mot « lait » sera plus rapidement reconnu si l'amorce qui le précède est « vache » plutôt que « taureau » (Léger & Tijus, 2007). L'amorce sémantique permet une activation des mots sémantiquement reliés, présents dans le lexique mental et facilite la reconnaissance du mot cible.

**Pour résumer** ; l'activation des connaissances orthographiques lexicales, mise en évidence par différents effets, permet une lecture rapide et sans effort facilitant l'accès au sens du message lu.

Dans la section suivante, nous abordons le rôle des connaissances orthographiques lexicales lors de la production orthographique.

### **I.2.2 EN PRODUCTION ORTHOGRAPHIQUE**

La production orthographique est la transcription des phonèmes en graphèmes. Elle implique une récupération en mémoire des suites de lettres correspondant aux éléments du langage oral que l'on veut écrire, et une production motrice. Pour Fayol et Jaffré (2008), «*c'est une activité dans laquelle il faut retrouver en mémoire et rappeler une à une les lettres*

*constitutives des mots et leur succession pour les transcrire*». Ces auteurs précisent également que les performances en orthographe sont dépendantes des régions géographiques car, en fonction de l'accent, du dialecte, les configurations sonores à transcrire sont plus ou moins difficiles à isoler, discriminer et identifier. S'il existe une certaine flexibilité pour la prononciation des mots, ce n'est pas le cas pour la forme écrite, hormis de rares exceptions. Cette inflexibilité rend l'écriture difficile et beaucoup plus complexe que la lecture. L'inconsistance de notre langue française rajoute à cette difficulté de transcription orthographique. Par exemple, pour écrire correctement le mot « landau », les connaissances phono-graphémiques et morphologiques sont insuffisantes. C'est pourquoi les connaissances orthographiques lexicales sont également importantes dans la production écrite des mots. Tout comme pour la lecture, un scripteur expert, possédant de bonnes connaissances orthographiques lexicales, pourra consacrer son attention à des tâches de haut niveau lors d'une production écrite, telles que la planification par exemple ou la révision. De même, différentes stratégies peuvent être adoptées pour produire la forme orthographique d'un mot (Kwong & Varnhagen, 2005), qui dépendront en partie de la disponibilité des connaissances orthographiques lexicales.

#### **I.2.2.1 Les associations phonèmes/graphèmes**

L'acquisition des connaissances orthographiques commence par un apprentissage des correspondances phono-graphémiques. Ainsi, le débutant peut commencer à produire à l'écrit des mots phonologiquement corrects, on peut alors parler de stratégie « d'orthographe phonologique » (Griffiths, 1991; Nunes, Bryant, & Bindman, 1997; Treiman, 1993). Dans ce cas, il segmente la forme orale du mot et écrit une correspondance graphémique pour chaque segment oral.

Cette stratégie est source d'erreurs orthographiques, en particulier pour les mots inconsistants. Dans ce cas, si la forme écrite du mot n'est pas connue de l'enfant et donc pas stockée dans son lexique, il est probable que l'enfant produise une orthographe phonologiquement plausible mais non conventionnelle (Laxon, Coltheart, & Keating, 1988; Read, 1971; Treiman, 1993, 1994). D'autres stratégies semblent donc nécessaires.

#### **I.2.2.2 La récupération directe de mots**

La stratégie de récupération de mots suppose que les mots ont déjà été rencontrés et que leur forme orthographique a été mémorisée. De ce fait, le scripteur récupère directement en



mémoire l'ensemble de la forme écrite du mot. Pour certains auteurs, cette stratégie de production orthographique est également utilisée dans le cas de la morphologie flexionnelle (Largy, Fayol, & Lemaire, 1996). En effet, ils considèrent que le scripteur expert peut produire la marque du pluriel d'un mot rencontré fréquemment au pluriel, par une récupération directe en mémoire de la forme fléchie.

Comme le précise Fayol (2008), l'écriture par récupération directe en mémoire et l'écriture par association phono-graphémique sont complètement opposées. La récupération directe en mémoire signale évidemment de façon claire l'existence de connaissances lexicales orthographiques. D'autres situations intermédiaires, comme le fait d'écrire par analogie, montrent également l'existence de ce type de connaissances. Enfin, d'autres situations révèlent plutôt la mobilisation de connaissances orthographiques non spécifiques à un mot particulier, comme les connaissances des régularités grapho-tactiques ou les connaissances des règles d'orthographe.

#### **I.2.2.3 Le recours à des analogies**

Les scripteurs peuvent utiliser une stratégie d'analogie pour traiter un mot inconnu (Goswami, 1988). Par cette stratégie, ils utilisent une procédure connue pour traiter une situation inconnue, permettant, dans le cas de l'écrit, l'écriture de mots nouveaux sur la base de mots connus (Ecalte & Magnan, 2002). Selon Pacton et al. (2008), l'écriture par analogie combine des connaissances phonologiques, basées sur la ressemblance entre le mot familier et le mot non familier, et des connaissances orthographiques lexicales, avec l'utilisation des patrons orthographiques de mots familiers. C'est en fait une stratégie «mixte» qui allie les deux précédentes. Par exemple, la transcription du pseudo mot /badar/, peut être «badard» si on fait référence à notre connaissance de «buvard».

#### **I.2.2.4 Le recours aux connaissances graphotactiques**

Les régularités grapho-tactiques, comme par exemple le fait que certains groupes de phonèmes se transcrivent toujours de la même manière, ou que certains patterns orthographiques sont fréquents dans une position particulière des mots, font partie de nos connaissances orthographiques générales. Elles sont souvent implicites. Toutefois, la connaissance de ces régularités peut transparaître dans notre écriture des mots inconnus. Par exemple, ne jamais écrire un mot inconnu en commençant par une double consonne

révèle notre connaissance du fait que, dans notre langue, aucun mot ne commence par une double consonne.

La sensibilité aux régularités graphotactiques a été évaluée au travers d'épreuves de jugements de pseudo-mots ; les enfants doivent choisir entre deux pseudo-mots celui qui pourrait être un mot de la langue. Ainsi, Pacton (2008) en référence à une étude de Cassar et Treiman (1997), révèle la préférence des participants pour des pseudo-mots incluant des consonnes doublées fréquentes (e.g., « ll ») aux pseudo-mots incluant un doublet illégal (e.g., « hh »). De même, (Pacton, Perruchet, Fayol, & Cleeremans, 2001; Pacton et al., 2008) montrent que les enfants sont sensibles à la fréquence de doublement des consonnes (e.g., « m » est plus souvent doublée que « d »). Une autre étude récente (Borchardt, Fayol, & Pacton, 2012) montre l'influence de la sensibilité aux régularités graphotactiques sur l'apprentissage de l'orthographe de mots nouveaux. Cette influence a été démontrée dans différentes situations d'apprentissage ; explicite (Wright & Ehri, 2007) ou implicite (Pacton, Fayol, & Perruchet, 2005), que ce soit avec des doublets fréquents et légaux opposés à des doublets rares et légaux (Fayol, Treiman, Lété, & Pacton, 2010) ou des doublets illégaux (Wright & Ehri, 2007), ou encore avec des populations différentes ; enfants (Borchardt et al., 2012 ; Wright & Ehri, 2007) ou des adultes (Fayol et al., 2010 ; Pacton, Borchardt, Treiman, Lété, & Fayol, soumis).

#### **I.2.2.5 Le recours aux règles**

Le recours aux règles est assez tardif dans la production écrite. Il nécessite un apprentissage de règles orthographiques et une application volontaire de ces règles lors de la production écrite. Ce peut être l'application de règles contextuelles, telles que « pour obtenir le son /g/, je dois mettre la lettre « u » avant un « e » ou un « i » » (Cassar & Treiman, 1997), mais également toutes les règles relatives à la morphologie flexionnelle, telles que les règles d'accord en genre et en nombre. Les scripteurs peuvent également prendre appui sur la morphologie dérivationnelle et produire correctement le « d » final au mot « bavard » par association avec « bavarder ». De la même façon, ils peuvent se servir de leur connaissance des suffixes et/ou préfixes, et savoir que /Et/ de « fillette » s'écrit « -ette » par la signification portée par ce suffixe. Toutes les règles orthographiques ne sont pas du même type. Certaines sont simples, « rajouter un m devant m, b, p », d'autres complexes, pour exemple la règle relative aux pluriels des noms composés. De ce fait leur traitement sera différent et fonction de l'expertise du scripteur. Lors de la production écrite d'un mot, on

peut dire que le recours aux règles permet parfois de produire une orthographe exacte, mais qu'elle est malgré tout le signe d'une absence de connaissance de l'orthographe lexicale spécifique de ce mot.

Les travaux conduits dans des disciplines différentes mettent en évidence que les sujets, enfants ou adultes, qui obtiennent les meilleures performances sont ceux qui utilisent non pas une seule mais plusieurs stratégies. Lors d'une production d'orthographe lexicale, les différentes stratégies utilisées vont de la récupération en mémoire de la forme écrite à la mise en correspondance de phonèmes/graphèmes, en passant par l'analogie ou l'application de règles (Fayol & Jaffré, 2008). La stratégie la moins coûteuse cognitivement est celle de la récupération directe des mots. En effet, la production orthographique des mots connus, et donc mémorisés, sera plus rapide et sans erreur. Les connaissances orthographiques lexicales ont ainsi leur importance tant dans la lecture que dans l'écriture. Nous abordons, pour finir ce chapitre sur le rôle des connaissances orthographiques lexicales, le lien entre ces deux activités cognitives.

### **I.2.3 RELATIONS LECTURE/ÉCRITURE**

#### **I.2.3.1 Arguments pour une séparation des deux activités**

Certains auteurs (Caramazza, 1988; Ellis, 1989; Shallice, 1988) pensent que la lecture et l'écriture n'ont pas de base commune. Ces chercheurs argumentent leur position par l'étude de sujets cérébro-lésés. Certains patients peuvent présenter une difficulté à orthographier des mots irréguliers par une atteinte du lexique orthographique de sortie, associée à un problème en lecture de pseudo-mots mais sans problème de lecture de mots irréguliers. D'autres patients ayant le pattern inverse ont aussi été décrits. De ce fait, plusieurs auteurs font l'hypothèse de l'existence de deux mémoires orthographiques lexicales séparées, l'une de sortie et l'autre d'entrée (Bryant & Bradley, 1980; Campbell, 1987; Frith, 1980). Un autre argument avancé (Bryant & Bradley, 1980) est que des lecteurs débutants parviennent à lire correctement plus de mots qu'ils n'en orthographient, mais qu'en même temps ils peuvent écrire correctement des mots qu'ils n'ont pas bien lus. Ces arguments ne semblent cependant pas suffisants pour attester d'une séparation franche entre les connaissances orthographiques mobilisées lors de la lecture et les connaissances orthographiques

mobilisées lors de la production écrite. Beaucoup d'autres arguments défendent l'hypothèse inverse, notamment des observations faites chez l'apprenti lecteur/scripteur.

### **I.2.3.2 Arguments pour une relation entre les deux activités**

De nombreuses études (e.g., Ehri & Wilce, 1982; Griffiths, 1991; Sprenger-Charolles, Siegel, & Bonnet, 1998b; Stanovich, West, & Cunningham, 1991) démontrent que les compétences orthographiques sont corrélées aux habiletés de lecture chez les jeunes lecteurs. Cependant, ces études corrélationnelles ne donnent pas d'indication quant au sens de la relation lecture/écriture. Les sujets pourraient s'appuyer sur leurs compétences orthographiques pour apprendre à lire ou ils pourraient acquérir des connaissances orthographiques par la lecture. Ainsi, Deacon, Benere et Castles (2012) se demandent si les compétences en lecture influencent les compétences orthographiques ou si c'est l'inverse. En fait, les arguments existent pour une influence dans les deux sens.

Morris et Perney (1984) montrent que les acquisitions en production d'écrits serviront à l'acquisition de la lecture en début d'apprentissage. Ils trouvent une forte corrélation entre la capacité à produire des orthographes inventées plausibles en début de 1<sup>ère</sup> année<sup>2</sup> et le niveau de lecture à la fin de cette même année. Les compétences orthographiques acquises en 1<sup>ère</sup> année prédisent la lecture de mots en 2<sup>ème</sup> année, et en 4<sup>ème</sup> année (Cunningham, Perry, & Stanovich, 2001 ; Wagner & Barker, 1994). Ainsi, la pratique de l'écriture pourrait bénéficier davantage à la lecture que la pratique de la lecture à l'écriture (Conrad, 2008). Toutefois, comme le remarquent justement Deacon et al. (2012), une des tâches utilisées dans l'étude de Wagner et Barker (1994) pour évaluer les compétences orthographiques en 1<sup>ère</sup> année est la tâche de dénomination des lettres. Cette tâche ne mesure pas réellement des compétences orthographiques et peut être considérée comme une variable de lecture. De plus, Deacon et al. (2012) précisent que ces études testent une relation dans le sens écriture/ lecture uniquement, sans chercher à évaluer les effets des habiletés précoces de lecture sur le développement du traitement orthographique.

Certains auteurs (Ehri, 1980; Ehri & Wilce, 1986) montrent un transfert des acquisitions en lecture sur la production orthographique dès le 2<sup>ème</sup> année. Les sujets devaient lire un pseudo-mot jusqu'à obtenir une lecture parfaite. Après un délai de quatre minutes, les élèves écrivaient de mémoire l'orthographe des mots lus. 69 % de ces mots étaient rappelés

---

<sup>2</sup> Le niveau de 1<sup>ère</sup> année correspond au CP ; celui de 2<sup>ème</sup> année au CE1 ; 3<sup>ème</sup> année : CE2 ; 4<sup>ème</sup> année : CM1 ; 5<sup>ème</sup> année : CM2.

parfaitement, indiquant ainsi l'existence d'un transfert substantiel de la lecture à l'orthographe. La construction du lexique orthographique serait ainsi liée à la pratique de la lecture. Les enfants développent leurs représentations orthographiques en analysant les propriétés de l'écrit, notamment en développant des connaissances implicites sur les régularités orthographiques (Ehri, 2005; Pacton et al., 2001). Dans une étude longitudinale, Deacon et al. (2012) examinent l'influence des compétences orthographiques mesurées précocement sur l'acquisition de la lecture, mais également la contribution des capacités de lecture sur le développement des compétences orthographiques. Leurs résultats révèlent que la lecture prédit les compétences orthographiques ultérieures de la première à la troisième année, mais que les compétences orthographiques ne prédisent pas la lecture.

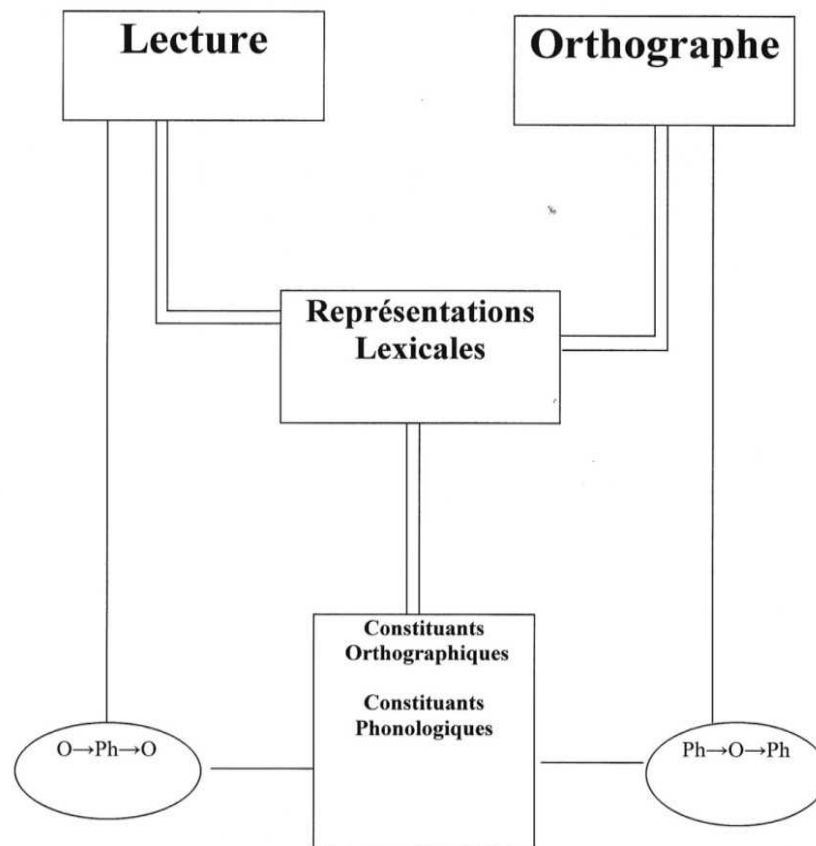
### **I.2.3.3 Complémentarité des deux activités**

En fait, il semble difficile aujourd'hui de ne pas considérer ces deux activités comme complémentaires. Les différents modèles développementaux accordent une importance particulière aux relations de complémentarité entre les deux compétences. Cette relation serait plus forte en début d'apprentissage (Juel, 1988; Juel, Griffiths, & Gough, 1986; Stage & Wagner, 1992). Dans leurs modèles sur l'acquisition de l'orthographe, (Ehri, 1997; Frith, 1985) proposent qu'acquisition de la lecture et acquisition de l'écriture s'influencent et se développent mutuellement ; la pratique de la lecture utilisant une stratégie alphabétique amènerait l'analyse de séquences de lettres dans les mots. Cette analyse permettrait de développer des représentations détaillées, lettre à lettre, des mots, ces représentations orthographiques pouvant alors être utilisées pour l'orthographe.

Pour Perfetti (1997), les processus de lecture semblent utiliser l'orthographe lors d'une étape de vérification et les processus orthographiques semblent utiliser la lecture lors d'une étape de vérification. Ces positions conduisent à un modèle général sur les relations lecture-orthographe (Figure 1).

Les représentations lexicales sont partagées par les deux processus, orthographe et lecture. Elles comportent des éléments orthographiques et phonologiques reliés. Ces éléments sont contactés soit par une entrée orthographique (la lecture) soit par une entrée phonologique (l'orthographe). En lecture, les formes orthographiques activent les formes phonologiques, lesquelles activent à leur tour des formes orthographiques. C'est le premier processus de vérification ; la forme orthographique vérifie l'identité du mot. En orthographe, les formes phonologiques activent des formes orthographiques qui activent à leur tour des formes

phonologiques. C'est le deuxième processus de vérification ; la forme phonologique vérifie l'identité du mot.



**Figure 1. Relation orthographe-lecture d'après Perfetti (1997). Les deux processus utilisent des représentations lexicales qui ont des éléments orthographiques (O) et phonologiques (P).**

Nous pouvons considérer également que l'orthographe n'est pas complètement assimilable à la lecture et nécessite des stratégies spécifiques. Pour Perfetti (1997) la lecture et l'orthographe sont la même chose au niveau du lexique tout en étant très différents sur d'importants détails de traitement puisque l'orthographe est plus difficile que la lecture. En accord avec Perfetti, Ehri (1997) indique que lire conduit à prononcer un mot alors qu'orthographier demande d'écrire plusieurs lettres, selon une séquence correcte. Donc on a besoin de plus d'informations en mémoire. Les associations utilisées pour la lecture ne sont pas les mêmes que celles utilisées pour l'orthographe. De par la forte asymétrie entre les correspondances graphèmes/phonèmes, pour la lecture, et les correspondances phonèmes/graphèmes, pour l'écriture, existant dans notre système alphabétique,

l'acquisition de la lecture est beaucoup plus facile que l'acquisition de l'orthographe (Grainger & Jacobs, 1996; Sprenger-Charolles, Siegel, & Bonnet, 1998a).

Cependant, il est fréquent dans la littérature de s'appuyer sur des modèles théoriques relatifs à la lecture pour tenter de comprendre l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales. En effet, il existe peu de modèles théoriques spécifiques à l'apprentissage de l'orthographe lexicale.





# **CHAPITRE II**

## **LES CONCEPTIONS THEORIQUES DES CONNAISSANCES ORTHOGRAPHIQUES LEXICALES**

La relation lecture/écriture soulève la question de l'existence d'un lexique orthographique. Deux conceptions s'opposent quant à la nature des représentations mentales (orthographiques, phonologiques, morphologiques et sémantiques) ; une conception localisée et une conception distribuée. Pour la première, les représentations sont locales et stockées dans un ou plusieurs lexiques (Coltheart, 2004; Coltheart, Rastle, Perry, Langdon & Ziegler, 2001; Grainger & Jacobs, 1996; McClelland & Rumelhart, 1981; Morton, 1969). Pour la seconde, les connaissances sont codées par un réseau connexionniste et ne sont pas stockées dans un lexique spécifique (Harm & Seidenberg, 2004; Plaut & Booth, 2000).

### **II.1 LE LEXIQUE, UNE CONCEPTION LOCALISEE DES CONNAISSANCES ORTHOGRAPHIQUES LEXICALES**

Babin (1998) définit le lexique mental comme un système de stockage central qui sert à conserver les différentes informations dans une mémoire à long terme. Treisman (1960) la première, a proposé le concept de dictionnaire mental pour illustrer ce lexique. Un mot contient plusieurs informations (Figure 2).

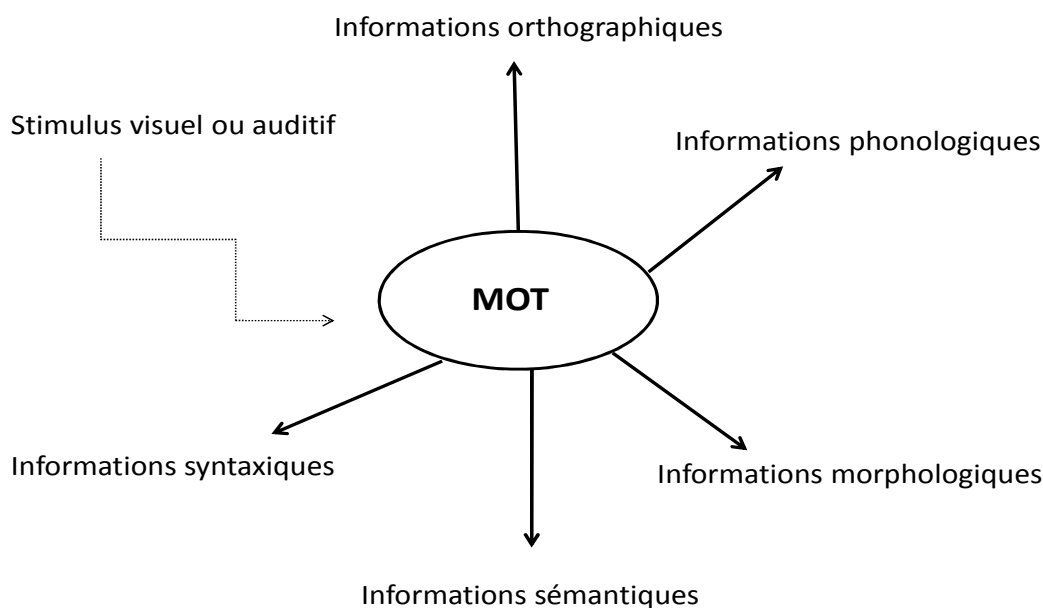


Figure 2. Informations stockées dans le lexique mental d'un adulte lettré, tiré de Spinelli & Ferrand (2005)

De ce fait, des chercheurs (Castles & Coltheart, 2004; Coltheart et al., 2001; McClelland & Rumelhart, 1981; Morton, 1969) considèrent que les représentations, tant orthographiques que phonologiques, morphologiques et sémantiques, sont locales et distribuées dans des lexiques distincts. Le lexique orthographique contiendrait des unités orthographiques représentées par des lettres ou des mots (e.g., « p » ; « pomme »), le lexique phonologique comprendrait les phonèmes (e.g., /p/ ; /pom/), les morphèmes (e.g., « pomm » + « ier ») dans un lexique morphémique, et enfin des concepts (<pommier>) pour le niveau sémantique.

Pour Treisman (1960), il est nécessaire que ce lexique soit hautement organisé et Miller (1996) propose une matrice lexicale pour rendre compte de cette organisation (Figure 3). Dans cette matrice, les relations entre les formes orthographiques et phonologiques des mots et leurs significations sont représentées par une correspondance bidirectionnelle. Une forme peut exprimer plusieurs significations (e.g., la glace que l'on mange vs. la glace dans laquelle on se regarde) et une signification peut être exprimée par plusieurs formes (e.g., les moyens de transport peuvent être le bus, le train, l'avion, le camion, la voiture, etc.). Entrer dans une telle matrice revient donc à chercher dans une colonne (forme orthographique ou phonologique) ou dans une rangée (signification).

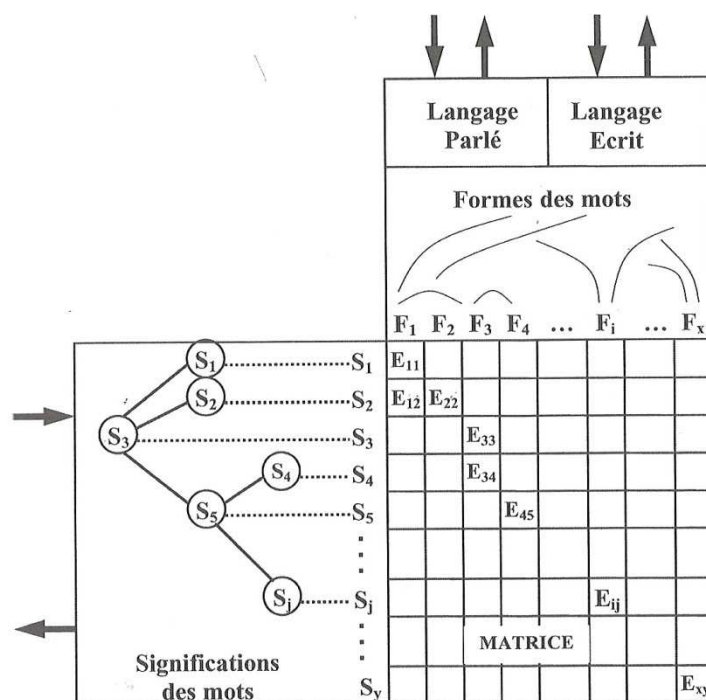


Figure 3. Matrice lexicale d'après Miller (1996), tiré de Spinelli & Ferrand (2005). En rangée, entrée par la signification (S), et en colonnes entrée par la forme phonologique ou orthographique des mots (F). La cellule (E) correspond au mot qui a telle forme associée avec telle signification. Par exemple, E12 renvoie à la forme F1 (« canapé ») et à la signification S2 (long siège où plusieurs personnes peuvent s'asseoir), tandis que E11 part de la même forme F1 mais renvoie à une signification différente S1 (tranche de pain garnie de nourriture).

Selon ces considérations théoriques le lexique orthographique serait donc une composante du lexique mental en relation avec les autres lexiques phonologique et sémantique (e.g., Coltheart et al., 2001 ; Rapp, Epstein, & Tainturier, 2002). Fayol (2008) évoque la possible existence de quatre lexiques ; deux lexiques phonologiques (entrée et sortie) pour l'audition et la production de parole, et deux lexiques orthographiques (entrée et sortie) pour la lecture et la production orthographique.

### II.1.1 LES CONNAISSANCES ORTHOGRAPHIQUES LEXICALES DANS DEUX LEXIQUES ORTHOGRAPHIQUES DISTINCTS : MODELE DE MORTON

Morton (1969, 1980) présente le lexique mental comme un système constitué d'unités fonctionnelles indépendantes, les logogènes (ou systèmes de « génération de mots ») où chaque logogène correspond à un mot. Ce système de traitement du langage est modulaire, conceptualisé sous la forme d'un système de « boîtes et de flèches » (Figure 4). Les boîtes

représentent des systèmes autonomes contenant des informations qui leur sont propres et opérant de façon spécifique. Ici, le lexique est donc constitué de modules générateurs de mots interagissant avec un système cognitif contenant les informations liées au sens des mots.

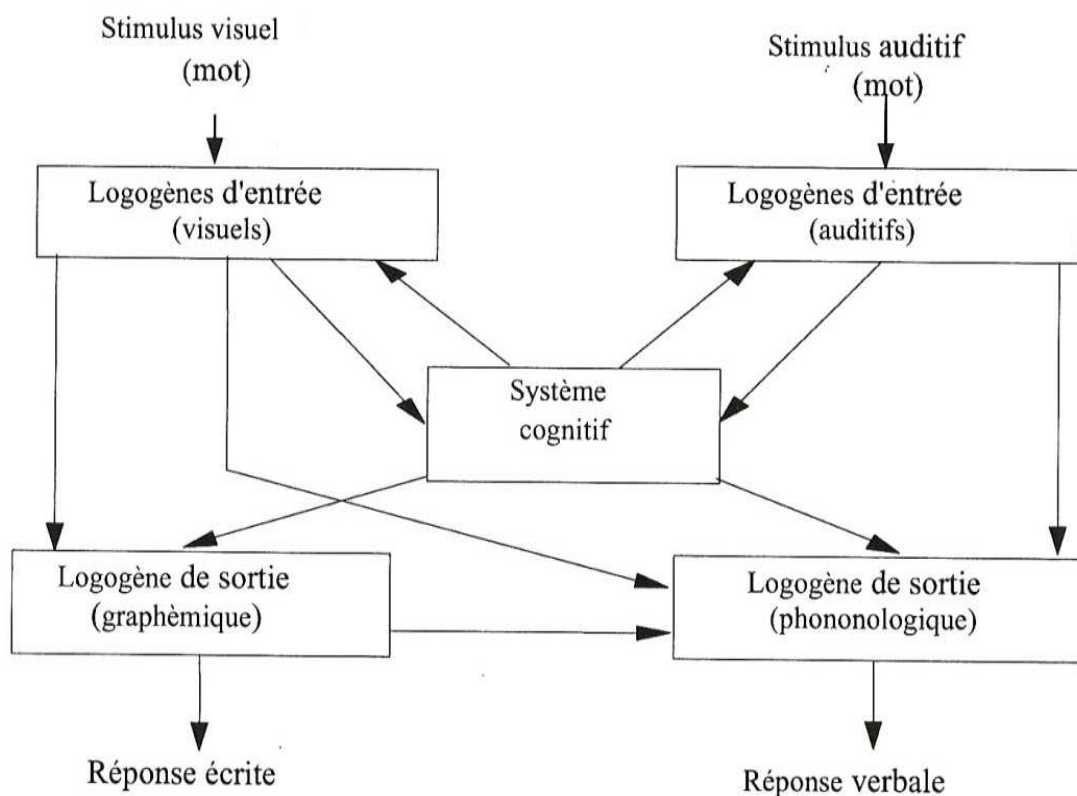


Figure 4. Version simplifiée du modèle de Morton, 1980

Les différents traitements dans ce modèle s'effectuent en stade, c'est-à-dire qu'un processus doit être terminé pour passer à l'étape suivante. Ainsi, pour l'identification des mots, des logogènes « d'entrée » permettent d'activer le mot vu ou entendu par détection de ses traits pertinents ; lettres ou phonèmes. L'étape suivante est une transcription graphème-phonème partant du modèle de l'analyse visuelle vers le module de sortie. Le principe de fonctionnement d'un logogène est d'accumuler des indices lors de l'analyse perceptive. Cette accumulation détermine une valeur seuil d'activation à partir de laquelle le mot est identifié, l'accès à sa signification est alors permis dans le système cognitif. Les mots identifiés peuvent ensuite être articulés ou écrits grâce à des logogènes de sortie.

L'architecture du modèle de Morton est à la base d'autres modélisations, dans les travaux sur la lecture (e.g., Coltheart et al., 2001 ; Ellis & Young, 1988). Toutefois, pour ces dernières,

la conception du lexique est l'existence d'un seul lexique phonologique et d'un seul lexique orthographique, conception la plus généralement retenue.

### **II.1.2 LES CONNAISSANCES ORTHOGRAPHIQUES LEXICALES DANS UN LEXIQUE ORTHOGRAPHIQUE**

La théorie de la route duale postule l'existence de deux processus distincts pour reconnaître et prononcer un mot, une voie dite lexicale, mobilisant le lexique mental, et une voie non-lexicale. La première procédure opèrerait par un accès à la représentation d'un mot dans un lexique d'entrée. Ce dernier contient une unité pour chacun des mots. La deuxième procédure opèrerait par l'application de règles de conversion graphème-phonème (pour la lecture) et phonème-graphème (pour l'écriture). Ces deux voies fonctionnent en parallèle. Le premier modèle issu de cette théorie est le modèle de lecture experte « *Dual-Route* » de Coltheart, (1978) qui a ensuite été implémenté (« *Dual route Cascade* » (DRC) de Coltheart et al., 2001). Cette conception « *dual route* » a donné lieu également à des modèles plus spécifiques à l'écriture (Ellis & Young, 1998 ; Hillis & Caramazza, 1991; Rapp et al., 2002).

#### **II.1.2.1 Le modèle à deux voies de la lecture : *Dual Route Cascade* (DRC)**

Ce modèle est composé de modules communs aux deux voies, lexicale et sublexicale, et de modules spécifiques à chacune (Figure 5). Les deux premiers modules sont des détecteurs de traits caractéristiques, (morphologie saillante d'une lettre) et de lettres. Ils sont communs aux deux voies. Ensuite, pour la voie lexicale, vient le module de détecteurs de mots que l'on pourrait assimiler au lexique orthographique, ce module est relié à un système sémantique, et à un système phonologique de sortie. En ce qui concerne la voie sublexicale, c'est le système de règles grapho-phonémiques qui fait suite au module de détecteurs de lettres. On trouve, pour finir, un module commun aux deux voies, celui du système phonémique.

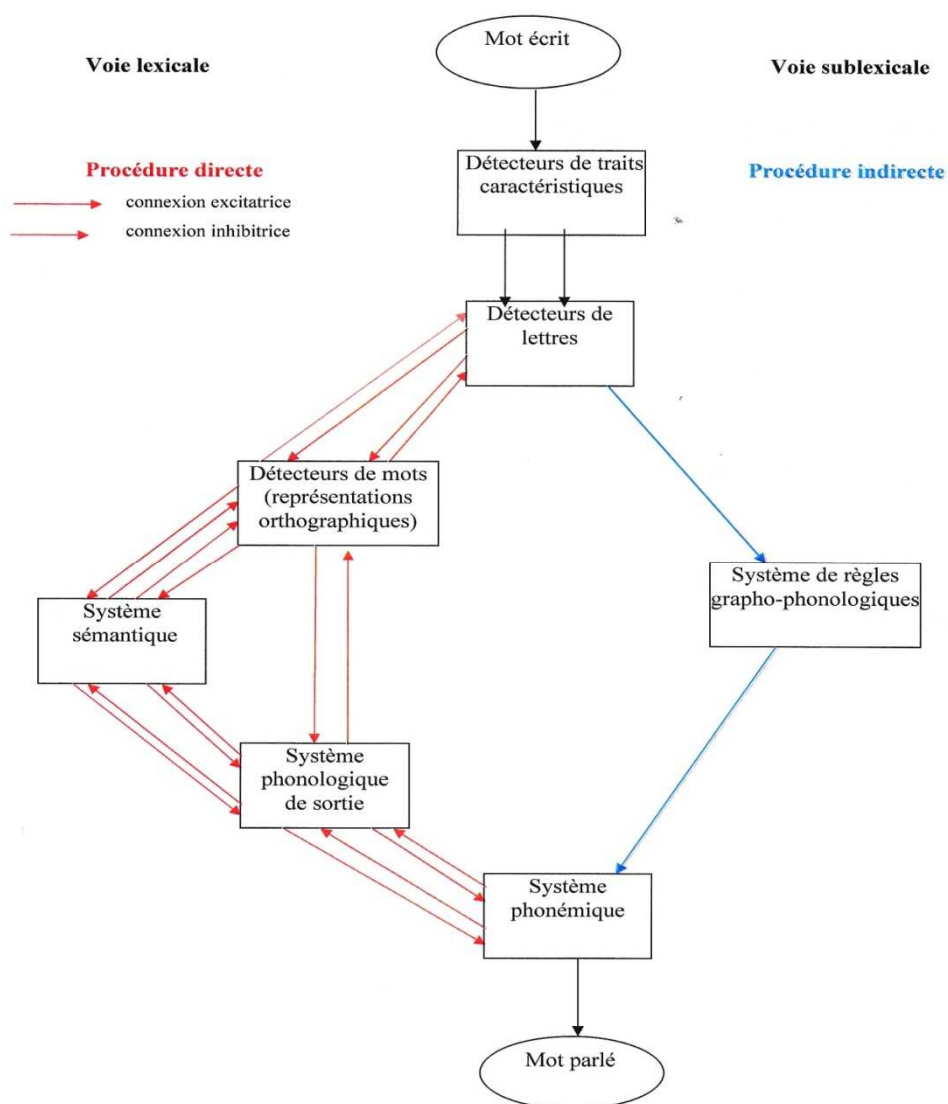


Figure 5. Modèle de lecture experte à double voie en cascade, d'après (Coltheart et al., 2001)

Lorsqu'un mot est présenté, la voie lexicale active une représentation orthographique. L'activation de cette représentation présuppose que celle-ci a déjà été apprise et donc mémorisée, ainsi le mot est reconnu. C'est la procédure utilisée pour traiter les mots réguliers ou irréguliers déjà rencontrés.

La procédure indirecte procède par activation de règles grapho-phonémiques. Ces différentes règles sont préalablement apprises et mémorisées indépendamment des lexiques orthographique et phonologique. Dans ce cas, le mot sera traité séquentiellement par unités sublexicales, qui seront ensuite converties selon les règles de correspondances grapho-phonémiques. Puis, ces différentes unités seront assemblées pour constituer la réponse du système. C'est la procédure utilisée pour traiter les mots inconnus.

Dans sa version implémentée, le modèle est régi par trois grands principes. Le premier repose sur un traitement de type graduel ; les activations au sein du système transitent entre les différents modules. Selon le deuxième principe, l'information est traitée en cascade, dès la première activation d'une unité dans un module, celle-ci est répercutée aux autres niveaux. Le dernier principe réside dans l'interactivité des modules ; un module peut influencer un niveau supérieur ou inférieur par le biais de rétroactions tant activatrices qu'inhibitrices. Ainsi, les deux voies, lexicale et sublexicale, sont simultanément activées par les détecteurs de lettres et opèrent en parallèle. Ce modèle est capable de traiter des mots contenant jusqu'à huit lettres, mais uniquement monosyllabiques, ce qui restreint le champ d'action de ce modèle. Un modèle à deux voies plus récent, a été construit pour étendre la lecture à deux voies aux mots polysyllabiques.

#### **II.1.2.2 Le modèle *Connectionist Dual Process*, (Perry, Ziegler, & Zorzi, 2010)**

L'architecture du modèle *Connectionist Dual Process* (CDP++, Perry et al., 2010) repose sur celle de son précurseur, CDP+ (Perry, Ziegler, & Zorzi, 2007). Nous décrivons donc dans un premier temps l'architecture initiale du modèle et préciserons les variations apportées par les auteurs pour permettre une lecture de mots polysyllabiques.

CDP+ appartient à la famille des modèles à deux routes de type DRC implémentés selon un principe connexionniste. Il présente plusieurs niveaux de représentations qui peuvent être séparés en deux voies de traitement ; une voie sublexicale, qui contient un buffer graphémique et un réseau TLA (*two-layer network of phonological assembly*), et une voie lexicale qui contient un lexique phonologique et un lexique orthographique. Les deux voies partagent les deux couches d'entrée, le détecteur d'attributs des lettres et la couche des lettres, et le buffer phonologique de sortie, réseau dans lequel les codes phonologiques de la voie lexicale et de la voie sublexicale entrent en compétition avant la prononciation finale du mot.

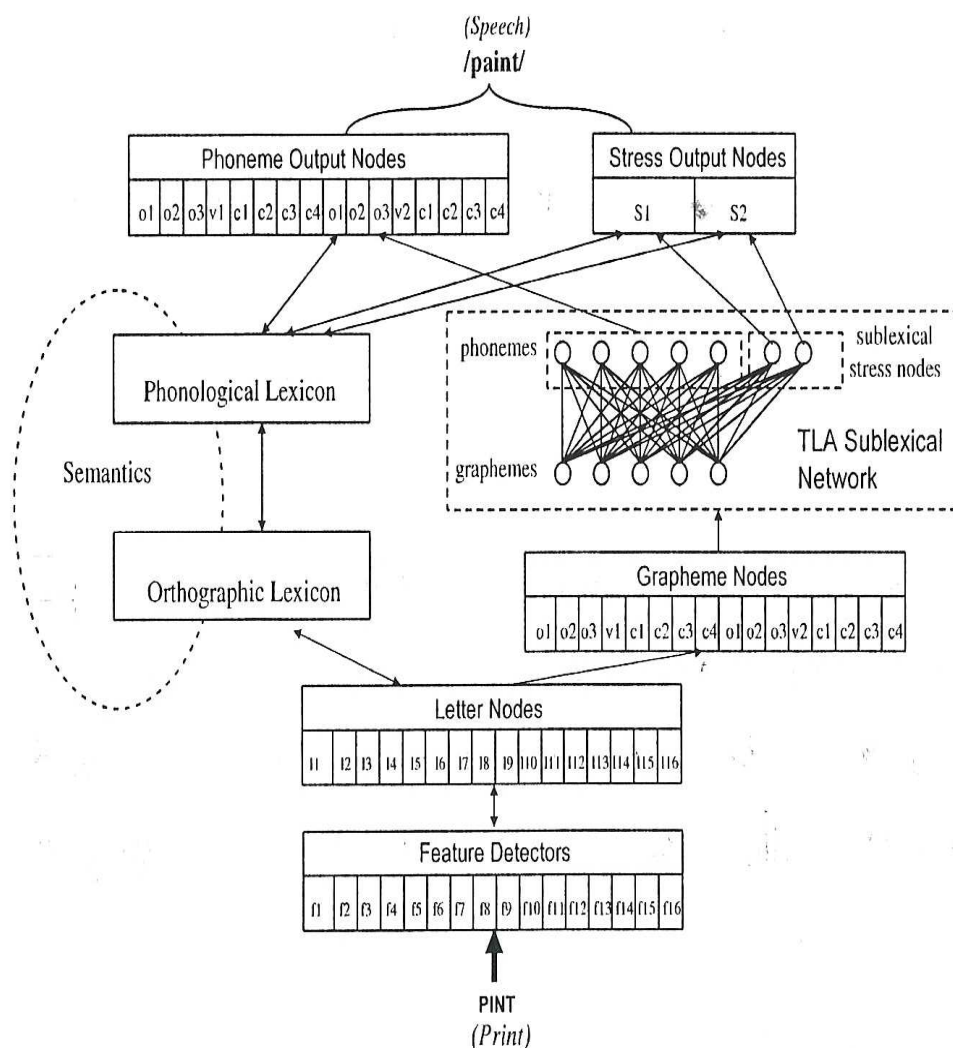


Figure 6. Modèle CDP++ de Perry, C., Ziegler, J. et Zorzi (2010). Les nombres indiquent la position dans les différentes couches, alors que les lettres indiquent le type de représentation (f=caractéristique, o=début, c=coda). S1=première syllabe, S2=seconde syllabe

La version la plus récente du modèle permet la lecture des mots polysyllabiques (Figure 6). Pour cela les auteurs ont augmenté le nombre de détecteurs d'attributs, de 8 à 16, pour coder les traits des lettres, les lettres et les phonèmes. Le set des graphèmes a été étendu pour prendre en compte le phénomène du schwa (e.g., « cheval » prononcé /ʃval /). Les patrons graphosyllabiques et phonologiques ont été dupliqués mais en intégrant une deuxième syllabe (e.g., CCCVCCCC.CCCVCCCC). La taille des lexiques a été augmentée et pour finir, deux sets représentant l'accentuation syllabique de la langue anglaise parlée ont été implémentés, S1 pour une accentuation sur la première syllabe, S2 pour la deuxième. La voie lexicale de ce modèle est utilisée pour récupérer la forme phonologique du mot basée sur une représentation du mot entier. Elle est identique à celle du modèle DRC.



Lorsqu'un mot écrit est présenté, les activations sont initiées au niveau de la couche attributs des lettres. Les détecteurs d'attributs activent ensuite le niveau des lettres qui, à son tour, active le niveau orthographique. Les mots qui partagent les mêmes lettres, au même emplacement, que celles activées dans la couche précédente deviennent plus actifs, les autres sont inhibés. Les entrées dans le lexique orthographique activent les entrées dans le lexique phonologique. Ces dernières activeront, ou inhiberont, les unités phonémiques dans le buffer phonologique de sortie.

La voie sublexicale comprend un buffer graphémique dans lequel les graphèmes composés de plusieurs lettres sont traités comme des unités (e.g., TH, EA...etc.). Les représentations d'entrées sont organisées en attaque, voyelle et coda. Cette organisation est identique à celle retrouvée dans le buffer phonologique de sortie. Le composant nouveau et essentiel de ce modèle est le réseau TLA entre le buffer graphémique et le buffer phonologique. Ce réseau permet l'appariement graphème-phonème. Ainsi, chaque fois qu'un mot est présenté au modèle, les graphèmes sont identifiés en premier, puis placés dans le buffer graphémique en fonction de leur caractéristique : de gauche à droite, les premiers sont les attaques (e.g., ch, gn, wh, wr...), voyelles (e.g., air, au, ee, iew, ow...) puis les codas (e.g., tch, gn, th, cc.....). L'analyse graphémique commence lorsqu'une lettre dans la couche lettre est activée. L'identification et la sélection des lettres procèdent de façon sérielle de gauche à droite selon le patron dissyllabique CCCVCCCC.CCCVCCCC. Une fois le graphème analysé, il devient disponible pour le réseau TLA au sein duquel l'activation se propagera aux unités phonémiques, générant ainsi une représentation phonologique correspondante. Les phonèmes ainsi activés sont maintenus dans le buffer phonologique jusqu'à la production de la réponse.

CDP++ est conçu pour modéliser la lecture de la langue anglaise. Les auteurs eux-mêmes précisent que les couches stress sont spécifiques à cette langue car l'accentuation syllabique n'existe pas dans la langue française. De plus, même si les unités lettres s'élèvent à 16 (en réalité seuls des mots de 13 lettres ont été implémentés), les mots traités se limitent aux bisyllabiques.

### **II.1.2.3 Le modèle à deux voies de la production écrite sous dictée**

Le modèle de l'écriture de Rapp et al. (2002) comporte également deux voies ; une voie lexicale et une voie sous-lexicale (Figure 7). Cette dernière comprend un système de conversion phonie-graphie, alors que la voie lexicale est composée de plusieurs modules ; un

lexique phonologique d'entrée dans lequel sont stockées les formes phonologiques des mots, un système sémantique, et enfin un lexique orthographique de sortie dans lequel sont stockées les formes écrites des mots. Les deux voies partagent un module commun, le buffer graphémique.

La voie lexicale récupère de manière globale l'orthographe des mots connus. Lors de la présentation d'un stimulus auditif, une analyse des propriétés phonologiques du mot s'effectue. Le lexique phonologique récupère les formes phonologiques des mots qui sont stockées en mémoire à long terme. Ensuite, l'accès au sens du mot s'effectue par l'intermédiaire du système sémantique. Puis, la représentation orthographique du mot est activée au niveau du lexique orthographique. Cette dernière est stockée par la suite dans le buffer graphémique, au niveau duquel l'information est maintenue active jusqu'à la production.

La deuxième voie, sous-lexicale, construit l'orthographe d'un item grâce à une procédure qui convertit les unités phonologiques en unités orthographiques. Lorsqu'un stimulus auditif est présenté et que le sujet ne le connaît pas, il est admis que la procédure d'assemblage prend en charge son traitement (Kreiner & Gough, 1990). Le niveau initial consiste en une analyse phonétique. Le résultat est alors transmis au système de conversion phonie-graphie. Trois étapes se succèdent ensuite dans ce processus ; en premier c'est la segmentation du signal en plus petites unités ; phonèmes, syllabes (voir Perry & Ziegler, 2004). Puis, chaque unité phonologique distinguée est mise en correspondance avec une unité orthographique. Cette mise en correspondance se fait selon des règles statistiques, la forme orthographique la plus consistante sera choisie. Cela se fait avec la contrainte de la position de l'unité dans la syllabe (en anglais, le /k/ n'est jamais écrit ck en début de mot) et le contexte d'apparition (en français, /g/ s'écrit gu devant i et e). Enfin, la dernière étape est l'assemblage des unités orthographiques. Ces dernières sont ensuite stockées au niveau du buffer graphémique.

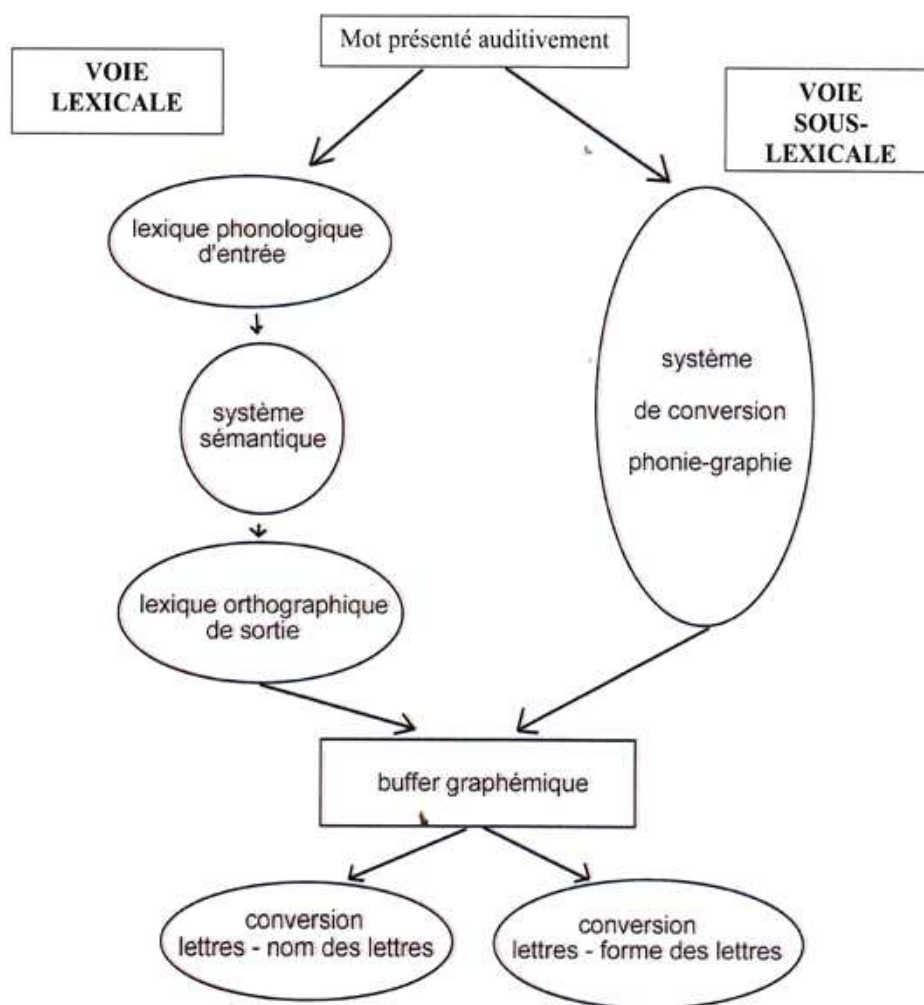


Figure 7. Modèle de production orthographique en dictée d'après Rapp, B. Epstein, C. et Tainturier, M.-J. (2002).

Encore appelé mémoire tampon, ce buffer stocke temporairement des séquences graphémiques issues de l'assemblage ou directement encodées par la voie lexicale. La manière dont sont encodées les informations dans cette mémoire fait débat. Les premiers modèles postulent qu'elle code l'identité des représentations abstraites des lettres et l'ordre dans lequel elles sont agencées. Ce stock est considéré comme transitoire et la trace se dégrade très rapidement. Le temps de stockage serait dépendant de la longueur du mot. Delattre, Bonin, et Barry (2006) ont mis en évidence que les temps de production étaient affectés par la consistance du mot. Le buffer graphémique peut donc contenir des unités lexicales incomplètes (Delattre et al., 2006). Mais, pour Caramazza et Miceli (1990), les représentations encodées dans ce buffer le seraient selon quatre axes : l'identité des graphèmes, le statut consonne/voyelle, l'indicateur de doublement représentant les consonnes doublées et les limites grapho-syllabiques à l'intérieur du mot.

Que ce soit dans le cadre d'une écriture par adressage, voie lexicale, ou d'une écriture par assemblage, voie sous-lexicale, les processus périphériques prennent ensuite le relais du buffer graphémique pour l'exécution de l'écriture manuscrite ou pour l'épellation orale selon la sortie.

**Pour résumer** ; dans la conception de la lecture ou de l'écriture à deux voies, les connaissances orthographiques lexicales spécifiques sont stockées sous forme d'unités lexicales (connaissances spécifiques des mots entiers) dans un lexique orthographique. L'accès à ce lexique orthographique se fait par la voie directe qui permet d'accéder aux unités lexicales.

## **II.2 LES RESEAUX, UNE CONCEPTION DISTRIBUEE DES CONNAISSANCES ORTHOGRAPHIQUES LEXICALES**

Dans cette conception, les différentes informations ou représentations relatives aux mots ne seraient pas stockées dans des lexiques séparés comme dans les modèles à double voie, mais seraient distribuées (Seidenberg & McClelland, 1989). Dans ce cas, la conception du traitement de l'information se rapproche du fonctionnement nerveux et la sélection d'un mot se fait par le résultat d'un état d'activation d'un grand groupe de neurones. Un mot serait représenté par un pattern d'activations distribuées et non par l'activité d'unités individuelles. Ce pattern met en jeu un ensemble d'unités, chaque unité intervenant dans la représentation de nombreux autres mots, les mots similaires engendrant ainsi des patterns d'activation proches. La connaissance d'un mot est dans ce cas représentée par une configuration de connexions entre les différentes unités distribuées qui pourraient être des séquences sous-lexicales, suites de sons ou de lettres de taille inférieure au mot (Fayol, 2008).

### **II.2.1 LES CONNAISSANCES ORTHOGRAPHIQUES LEXICALES DANS UN RESEAU DE TYPE PDP**

Les modèles connexionnistes *Parallel Distributed Processing* (PDP) font interagir différentes couches d'unités qui sont structurées hiérarchiquement (Figure 8). Le traitement est un traitement parallèle et distribué (Harm & Seidenberg, 1999; Plaut, McClelland, Seidenberg, & Patterson, 1996; Seidenberg & McClelland, 1989). Les relations entre orthographe, phonologie et sémantique sont encodées au travers des poids de connexion, qui sont

modifiés au fil de l'expérience individuelle. Le premier modèle PDP est celui de Seidenberg et McClelland, encore appelé modèle triangulaire du fait de son architecture qui met en triangulation le traitement orthographique, phonologique et sémantique (Figure 8).

Ce modèle (Figure 8) est constitué de plusieurs couches d'unités : une couche orthographique, une couche phonologique et une couche sémantique, reliées entre elles par des couches cachées d'unités interconnectées. Le modèle prévoit également l'intervention des facteurs contextuels sur la couche sémantique. Cependant, seules les couches orthographique, phonologique et la couche cachée intermédiaire ont donné lieu à une modélisation informatique.

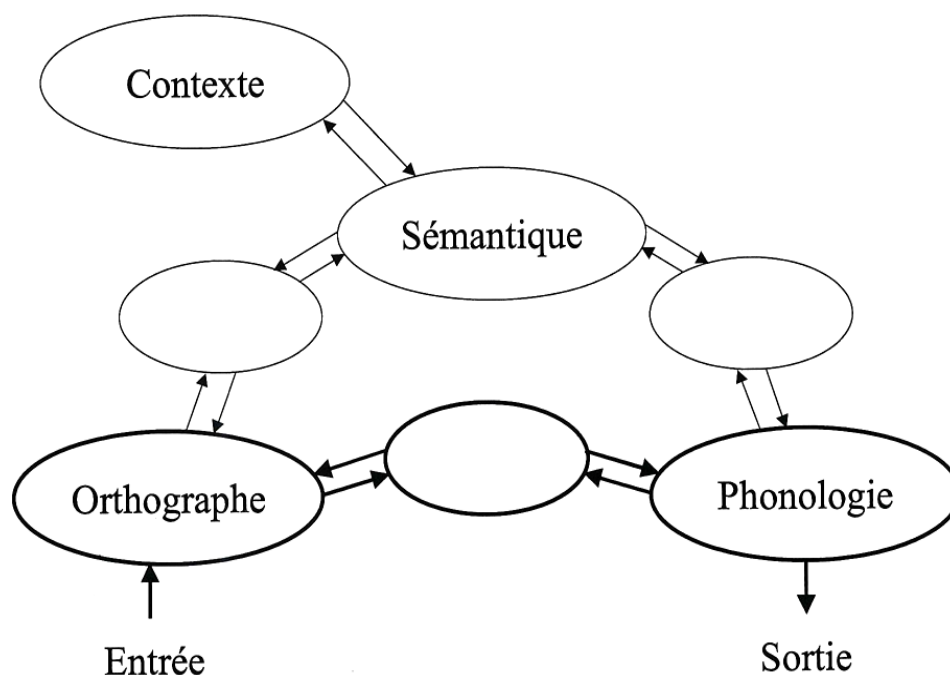


Figure 8. Modèle de lecture à traitement parallèle distribué d'après Seidenberg et McClelland, (1989). En gras la partie implémentée du modèle.

Lors de la lecture par le modèle implémenté, les unités cachées reçoivent des informations des unités orthographiques et envoient des connexions vers les unités phonologiques ainsi qu'un feed-back au niveau orthographique. Chacune des unités orthographiques et phonologiques code un triplet de lettres (trigrammes) ou de phonèmes. L'avantage de ce modèle est que ce qu'il va apprendre pour un mot va se transférer à tous les trigrammes qui partagent une ou plusieurs unités identiques à ce même mot. Il est considéré comme un modèle à une seule voie par opposition aux deux voies du modèle DRC. Pour l'apprentissage, les auteurs ne considèrent pas que les connaissances langagières soient structurées sous

forme de règles explicites. C'est en faisant ressortir les régularités statistiques d'un mot, qui renforcent le poids de la connexion entre la forme orthographique et la forme phonologique et entre les formes orthographiques et formes sémantiques, qu'un lecteur apprend.

Ce modèle a été critiqué pour ses mauvaises performances en lecture de pseudo-mots (Besner, Smith, & McLeod, 1990; Coltheart, Curtis, Atkins, & Haller, 1993; Norris, 1994). C'est pour cela que Plaut et al. (1996) ont apporté une modification au modèle de 1989 concernant les systèmes de codage orthographique et phonologique. Dans cette extension du modèle, l'architecture et le fonctionnement sont identiques à celui de Seidenberg et al. (1989). Toutefois, les unités orthographiques et phonologiques sont représentées sous forme de graphèmes et de phonèmes, et non plus sous forme de trigrammes, ce qui rend possible la lecture des pseudo-mots. De ce fait, cette version obtient en simulation d'aussi bons résultats, en lecture de mots monosyllabiques, que le modèle DRC à double-voie.

Les connaissances orthographiques lexicales peuvent donc être conçues de façon très différente selon les modèles. Elles sont des représentations localisées dans des lexiques bien spécifiques dans les modèles à deux voies DRC et CDP++. Dans ce cas, le mode d'accès à ces lexiques correspond à la voie directe. Les connaissances orthographiques lexicales sont au contraire totalement distribuées dans un réseau de connexions, comme dans les modèles de type PDP. Dans ces modèles, l'accès aux connaissances orthographiques lexicales se fait par une activation totalement distribuée. Il existe cependant une troisième conception, également connexionniste, dans laquelle les connaissances lexicales sont stockées dans une couche intermédiaire dite de mémoire épisodique multi-traces.

### **II.2.2 LES CONNAISSANCES ORTHOGRAPHIQUES DANS UN RESEAU DE TYPE MULTIPLE TRACE MEMORY**

Le modèle d'Ans, Carbonnel et Valdois (1998) est composé de quatre couches ; deux couches orthographiques (O1 et O2), une couche centrale (ME pour mémoire épisodique), et une couche phonologique de sortie (P) (Figure 9). Le modèle inclut une composante supplémentaire, une mémoire temporaire phonologique (MTP), mais qui n'a pas été implémentée. Il dispose en outre, d'une fenêtre visuo-attentionnelle sur O1, de taille variable, à travers laquelle est extraite l'information orthographique d'entrée.

Les couches O1, O2 et P contiennent des clusters d'unités simples codant respectivement les différents caractères orthographiques et phonémiques de la langue. Les unités de chaque

couche sont interconnectées aux unités des couches adjacentes. Entre O1 et O2 existe une relation de comparaison qui permet d'estimer la similitude entre l'entrée orthographique en O1 et l'écho orthographique généré en O2.

Tout comme le modèle de lecture à double voie, le modèle MTM postule l'existence de deux procédures de lecture ; une procédure globale et une procédure analytique. Cependant, selon ce modèle, le traitement de toute séquence orthographique serait initié en mode global, ce n'est que si il y a échec avec ce mode que le traitement passerait en mode analytique par réduction de la fenêtre visuo-attentionnelle.

Ainsi, lorsqu'un item est présenté, la fenêtre visuo-attentionnelle englobe la totalité de l'item sur la couche d'entrée O1. L'activation des unités de O1 se propage aux cellules de la couche ME, représentant des traces-mots ou des traces-segments, ce qui va générer deux patterns d'activation, un sur O2 et dans un même temps un sur P. Si cette activation sur O2 est conforme à l'activation de O1 alors on peut dire que la séquence d'entrée a été reconnue par le réseau. Dans ce cas, le pattern d'activation recréé sur la couche de sortie P est accepté comme réponse du système ; le mot est lu en mode global.

Par contre, lorsque le pattern d'activation recréé sur O2 n'est pas conforme à celui de O1, alors il y a échec du mode global et le système passe en mode analytique. La fenêtre visuo-attentionnelle est donc réduite, et l'item sera traité séquentiellement. Ainsi, le modèle n'activera plus des patterns d'item entier, donc des traces-mots, mais des patterns d'unités qu'il pourra reconnaître, des traces-segments. Chaque fois que la réponse en O2 correspond à la séquence en O1, alors cette partie initiale de l'item est validée et maintenue en mémoire à court terme. La seconde étape de ce traitement analytique consiste à déplacer la fenêtre attentionnelle sur la seconde partie du mot reconnaissable par le système et ce, jusqu'au traitement de l'item entier. De ce fait, les différentes parties du mot conduiront à générer des réponses phonologiques successives, qui seront maintenues en mémoire et seront ensuite fusionnées pour donner une séquence phonologique complète, correspondant à la séquence orthographique entière de O1.

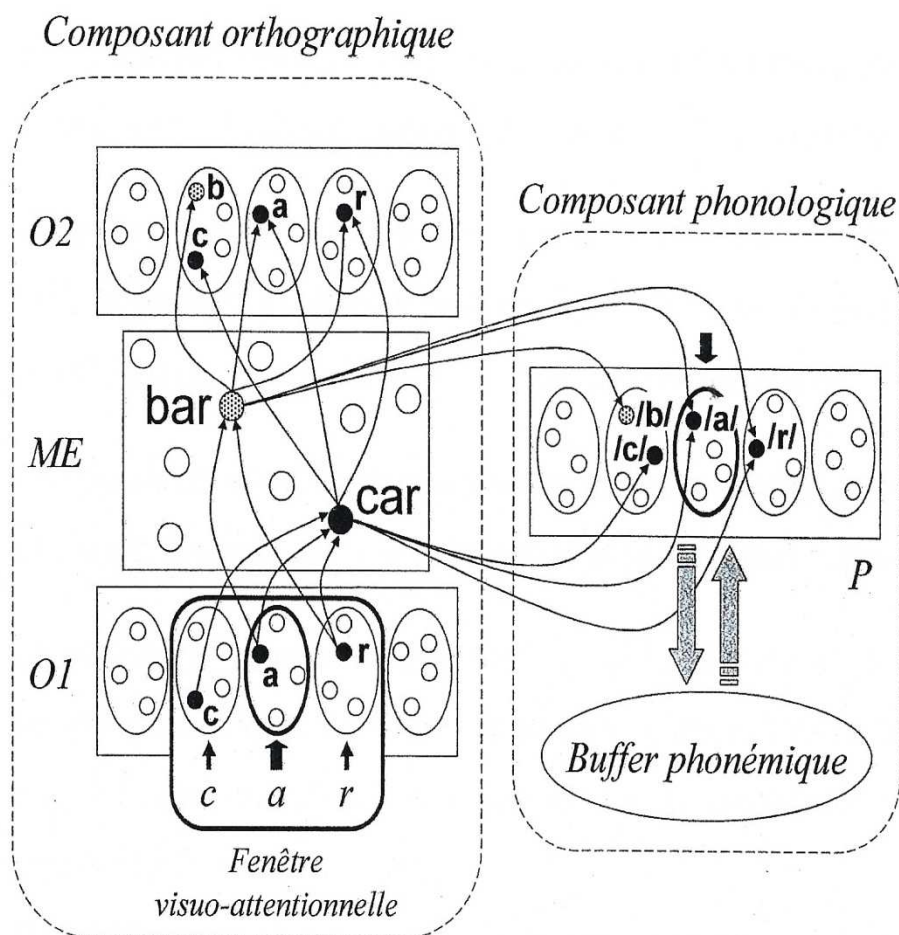


Figure 9. Schéma du modèle de lecture MTM, tiré de Valdois, Peyrin, & Baciou (2009). O1=couche orthographique 1, O2=couche orthographique 2, ME=mémoire épisodique, P= couche phonologique. La fenêtre visuo-attentionnelle sur O1 englobe toutes les lettres du mot pour un traitement visuel simultané

Le modèle distingue donc deux procédures de lecture qui se caractérisent par une fenêtre visuo-attentionnelle de taille variable ; grande taille pour englober l'ensemble de l'item et donc procéder à un traitement global de la séquence d'entrée, ou petite taille pour n'englober que des parties d'item et donc procéder à un traitement analytique de la séquence d'entrée, sollicitant de ce fait davantage la mémoire phonologique temporaire.

**Pour résumer ;** il existe différentes conceptions théoriques des connaissances orthographiques lexicales. Ces connaissances peuvent être localisées et stockées dans un lexique orthographique distinct. Dans ce cas, l'accès à ce lexique se fait par la voie directe (modèles DRC et CDP++). Les connaissances orthographiques lexicales peuvent aussi être totalement distribuées au sein de réseaux d'unités (modèles de type PDP) ou conçues comme des traces-mots en mémoire (modèle MTM). L'accès à ces connaissances lexicales



peut se faire par une procédure identique à la procédure de lecture des items inconnus (dans le modèle PDP) ou par une procédure spécifique aux mots connus (modèle MTM). Le Tableau 1 (d'après Ferrand et New, 2003) présente une comparaison synthétique des modèles MTM, DRC et CDP++, PDP.

Tableau 1. Comparaison de modèles de lecture de mots inspiré de Ferrand et New (2003)

Caractéristiques	Modèle MTM	Modèle DRC / CDP++	Modèle PDP
Distinction entre une procédure lexicale et une procédure sublexicale	OUI	OUI	NON,
Application de règles	NON	OUI	NON
Processus de traitement parallèle des lettres à l'entrée	OUI, pour les mots fréquents lors de la procédure globale	OUI, pour les mots fréquents via la voie lexicale	OUI, pour tous les stimuli
Lecture séquentielle	OUI, pour les mots inconnus et peu fréquents	OUI, pour les mots inconnus et peu fréquents	NON
Décomposition syllabique	Pour les pseudo-mots et les mots rares	Conversion grapho-phonémique uniquement	Non
Types d'items	polysyllabiques	Monosyllabiques (DRC) Dissyllabiques (CDP++)	monosyllabiques

Toutefois, dans le modèle MTM est mis en exergue le facteur visuo-attentionnel, pas traité dans les autres modèles car considéré comme un processus périphérique. Dans le chapitre suivant, nous nous intéresserons plus particulièrement à la composante visuelle qu'implique forcément une activité de lecture ou d'écriture. Nous aborderons ce point à travers les apports des neurosciences, mais également à travers des modèles cognitivistes de la perception.



## CHAPITRE III

### LE TRAITEMENT VISUEL DES MOTS

L'implication d'un traitement visuel dans l'activité de lecture ou d'écriture semble évidente. De nombreux chercheurs ont théorisé le traitement visuel d'un mot, allant de la prise d'informations visuelles à sa production orale ou écrite. Par exemple, pour Lété et Ducrot (2007), l'analyse visuelle des mots est un acte spécifique qui nécessite trois types de traitement particulièrement lié à la lettre ; 1) un traitement rapide de l'identité des lettres, 2) leur association correcte au mot fixé et 3) un traitement rapide de leur position dans le mot. Ces données issues des traitements visuels sont ensuite interprétées par le système cognitif qui va mobiliser les unités linguistiques pertinentes. La représentation dans notre cerveau d'un stimulus tel que le mot a été explorée au travers de données neuro-anatomiques (e.g., Petersen, Fox, Posner, Mintun, & Raichle, 1988; Petersen, Fox, Snyder, & Raichle, 1990). Ils ont pu mettre en évidence de nombreuses aires d'activation dans des zones cérébrales bien précises. Afin de mieux comprendre ce traitement visuel, nous commencerons par quelques données anatomiques et fonctionnelles de notre système visuel. Elles décriront comment l'information visuelle traitée par la rétine remonte jusqu'au cortex cérébral, avec l'exemple d'un modèle dont la particularité est de mettre l'accent sur l'analyse visuelle du mot. Nous aborderons ensuite l'organisation cérébrale spécifique au traitement visuel des mots. Pour finir, les 2 voies de lecture-écriture seront abordées d'un point de vue neuro-anatomique.

#### III.1 DONNEES ANATOMO-FONCTIONNELLES DU TRAITEMENT VISUEL DES MOTS

##### III.1.1 DE L'ŒIL AU CORTEX VISUEL PRIMAIRE

Les récepteurs sensoriels situés sur la rétine constituent la première étape du traitement de l'information visuelle. La rétine, membrane tapissant la face interne du globe oculaire, contient des cellules réceptrices, les cônes et les bâtonnets. Chaque cône (il en existe

environ 120 millions dans chaque rétine) ne répond qu'à une zone minuscule du champ visuel car ils ont de petits champs récepteurs. Cette particularité permet une vision détaillée. Les bâtonnets (au nombre approximatif de 5 millions) ont des champs récepteurs plus grands. De ce fait, la vision sera plus floue.

La distribution de ces deux types de cellules n'est pas uniforme sur la membrane rétinienne. Les cônes sont plus nombreux au niveau de la zone centrale appelée fovéa. Cette zone correspond à la vision centrale, elle reçoit la projection du point fixé par le sujet dans le champ visuel. Plus on s'éloigne de cette partie, plus le nombre des cônes diminue et celui des bâtonnets augmente. La particularité de cette répartition anatomique des cellules réceptrices de la vision explique pourquoi l'acuité visuelle, aptitude à percevoir les plus petits détails, est maximale au niveau de la fovéa. Cette acuité diminue de façon exponentielle en vision parafovéale et périphérique. Les saccades oculaires effectuées lors de la lecture permettent de positionner la fovéa sur la partie du mot à lire. Ainsi, les cônes effectuent une analyse fine des mots nécessaire à leur identification. La vision parafovéale, quant à elle, renseigne l'œil sur la position des mots suivants, afin de déterminer la trajectoire de la prochaine saccade.

Les cellules réceptrices sont connectées à des cellules bipolaires, reliées elles-mêmes à des cellules ganglionnaires qui vont former le nerf optique. Une partie des fibres du nerf optique de chaque œil se croisent au niveau du chiasma optique avant d'atteindre le cortex visuel du côté opposé (Figure 11). Le croisement des fibres du nerf optique permet la vision en relief. Les fibres du nerf optique se terminent au niveau du corps genouillé latéral dont les cellules prennent le relais pour transmettre l'information au cortex visuel primaire.

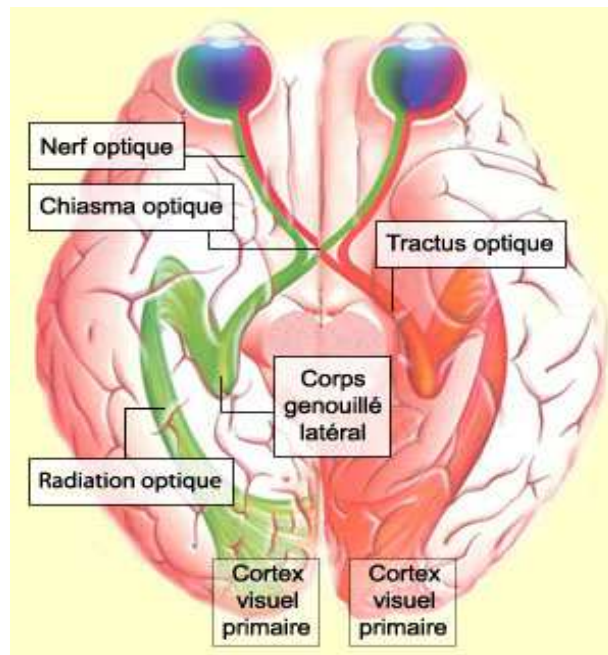


Figure 10. Latéralisation de la vision, (<http://www.lecerveau.mcgill.ca>)

### III.1.2 LE CORTEX VISUEL

L'aire visuelle primaire est entourée de nombreuses autres aires visuelles secondaires, tertiaires ou associatives. Toutes ces aires visuelles communiquent entre elles. Il existerait deux principaux systèmes corticaux de traitement de l'information visuelle : une voie ventrale qui s'étendrait vers le lobe temporal et serait dédiée surtout à l'analyse fine des formes complexes, et une voie dorsale qui se projette vers le lobe pariétal et serait essentiellement responsable de la localisation spatiale des objets et de l'orientation de l'attention dans l'espace.

#### III.1.2.1 Rôle de la voie ventrale

Cette voie est associée au traitement des aspects orthographiques qui implique le calcul de l'identité et de la position des lettres (Grainger & Holcomb, 2007). Notre système visuel doit extraire des informations rétinienne une représentation invariante des chaînes de lettres. En effet, contrairement aux objets qui nous entourent, les lettres changent d'identité quand elles changent d'orientation (e.g., p devient q, et b devient d). Certaines ne diffèrent que par un trait visuel (e – c ; o – c). Cette invariance doit tenir compte également des changements de taille, casse (S – s), police (s – s), de l'arrangement spatial des lettres (chien - niche).

Le modèle de détecteurs de combinaisons locales (LCD, Figure 12) a été proposé pour expliquer les processus de la perception visuelle des mots (Dehaene, Cohen, Sigman, &

Vinckier, 2005). L'intérêt de ce modèle est de mettre l'accent sur le traitement visuel dans la lecture, composante souvent négligée par les modèles de lecture. Les auteurs proposent un détecteur de combinaisons locales permettant de traiter de façon parallèle des unités de plus en plus larges et abstraites, et aboutissant progressivement au traitement du mot dans sa globalité. Dans un premier temps, le modèle détecte les combinaisons locales d'orientation afin de permettre la détection des traits. Puis les combinaisons de traits sont utilisées pour former les contours. A ce niveau, la détection de la lettre ne peut se réaliser que dans une certaine casse, ce n'est qu'à l'étape suivante qu'interviennent les neurones détecteurs de l'identité abstraite de la lettre. Puis, les neurones bigrammes sont sollicités. Ils codent toutes les paires de lettres ordonnées possibles appelées «bigrammes ouverts». Le dernier niveau permet de traiter des chaînes de lettres récurrentes ou des petits mots.

Dans la version implémentée du modèle LCD, toutes les lettres sont reconnues et traitées simultanément par des neurones différents. Ce traitement parallèle se poursuit tout le long de la hiérarchie. Il permet en outre d'expliquer en quoi la vitesse de reconnaissance n'est pas influencée par le nombre de lettres composant le mot. Il est à noter que les auteurs insistent sur l'importance du niveau de traitement par les neurones bigrammes qui ne devraient pas résister à plus de deux lettres d'espacement. En effet, une étude récente (Vinckier, Qiao, Pallier, Dehaene, & Cohen, 2011) révèle qu'un espacement supérieur à 2 blancs entre les lettres perturbe le traitement simultané de la chaîne de lettres, rendant impossible pour le modèle LCD la reconnaissance automatique des mots par la voie ventrale. Le sujet doit alors recourir à une stratégie de lecture attentive et sérielle, sous l'égide de la voie dorsale impliquée dans l'orientation de l'attention spatiale.

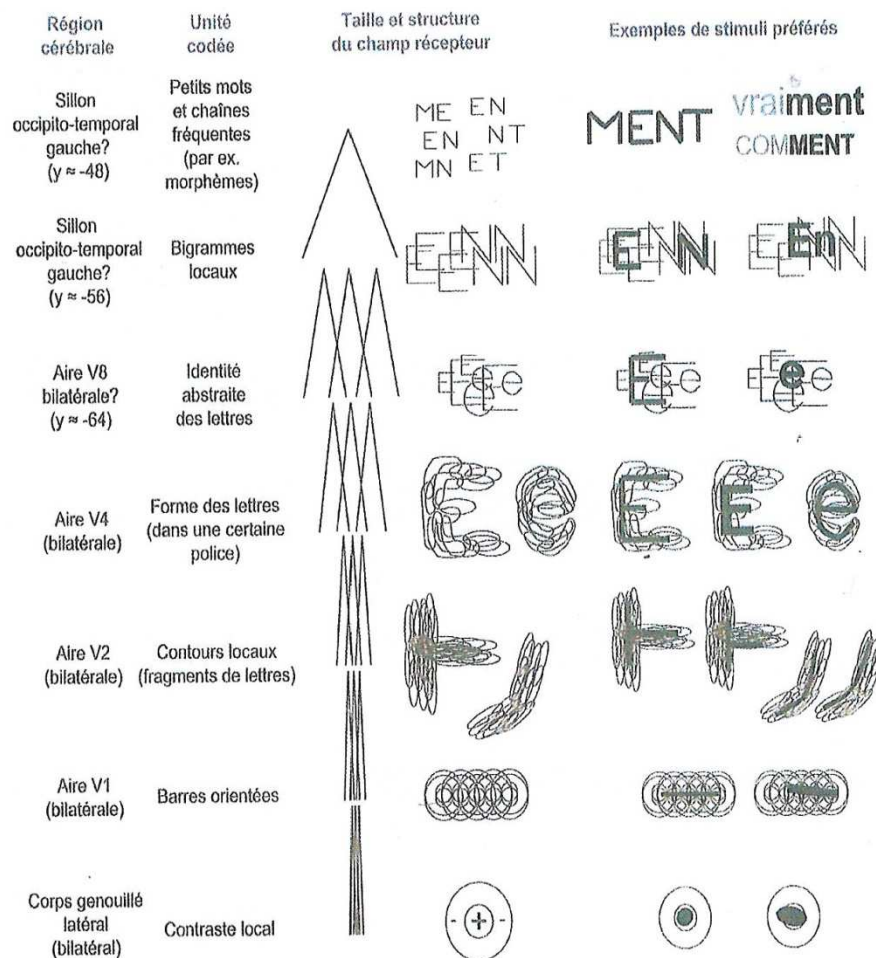


Figure 11. Schéma du modèle de reconnaissance de mots à l'aide de détecteurs de combinaisons locales organisés de façon hiérarchique (modèle LCD), adapté de Dehaene et al., (2005).

Chaque neurone assure la combinaison des différentes activités d'un ensemble de neurones du niveau inférieur, conduisant ainsi à l'augmentation de la complexité, de l'invariance et de la taille des champs récepteurs à chaque étape.

### III.1.2.2 Rôle de la voie dorsale

Elle permet d'assurer le contrôle visuo-moteur sur les objets en traitant leurs propriétés extrinsèques, comme leur position spatiale, leur orientation, leur taille. Selon Gilbert & Sigman (2007), les informations représentées aux niveaux supérieurs de traitement influenceraient de manière descendante les processus en cours aux niveaux inférieurs (*top down*). Cette influence ascendante permettrait de lire des mots dégradés et des pseudo-mots. Il a été décrit le cas d'une patiente souffrant d'une lésion de la voie dorsale qui ne parvenait pas à lire un texte mais seulement des mots dispersés dans ce texte (Vinckier et al., 2006). Toutefois la lecture de ces mots était correcte. Cela spécifie que la fenêtre attentionnelle doit être portée sur le mot cible pour assurer un traitement de toutes les

lettres et pour éviter une gêne des mots environnants. Cela met en évidence le rôle de la voie dorsale dans l'orientation de l'attention sur un mot parmi plusieurs.

Le réseau dorsal est également associé au traitement des aspects phonologiques. Le système phonologique est divisé en deux composantes fonctionnelles. Une composante dorsale postérieure gauche fait le lien entre l'orthographe et la phonologie (Pugh et al., 2001). Une composante antérieure gauche est associée à la production du discours et à l'analyse des éléments phonologiques des mots (Fiez & Petersen, 1998; Poldrack et al., 2001). D'un point de vue fonctionnel, c'est par le réseau dorsal, impliqué dans le décodage de la forme écrite des mots nouveaux et nécessitant des ressources attentionnelles importantes, que s'établiraient des liens entre forme orthographique et forme phonologique des mots.

Quant au réseau ventral, il est impliqué dans la reconnaissance rapide, parallèle et automatique de mots écrits. De plus, il existerait sur ce circuit ventral, une aire spécifique au traitement visuel orthographique des mots que nous allons étudier dans la section suivante.

### **III.2 L'AIRE DE RECONNAISSANCE DE LA FORME VISUELLE DES MOTS**

Selon la théorie du recyclage neuronal, l'apprentissage de la lecture, phénomène trop récent pour avoir influencé l'évolution génétique, a un impact important sur le cerveau qui s'adapte et utilise, quel que soit l'âge de l'alphabetisation, des régions cérébrales dédiées à d'autres fonctions. S'appuyant sur cette théorie, Cohen et Dehaene (2004) postulent l'existence d'un système neuronal spécialisé dans le traitement de la forme visuelle des mots dans la région de la voie visuelle ventrale gauche. Sa localisation, sillon occipito-temporal latéral gauche, est la même quelle que soit la culture et donc l'écriture ; alphabétique, syllabique comme le Kana japonais ou morphosyllabique comme le chinois (Bolger, Schneider, & Perfetti, 2005), et a été baptisée l'aire de la forme visuelle des mots (*visual word form area*, VWFA ; voir Figure 12, (Cohen et al., 2000). Ce système aurait pour fonction principale d'encoder, de stocker et de récupérer les propriétés abstraites de l'ensemble de la forme visuelle des lettres et des mots. L'IRM fonctionnelle du sujet normal confirme le rôle essentiel de cette région dans la reconnaissance visuelle de l'écriture (Cohen & Dehaene, 2004).

Tous les bons lecteurs activent cette région lorsqu'on leur présente des mots écrits, alors qu'elle ne s'active pas en réponse à des mots parlés. Les potentiels évoqués, la magnéto-encéphalographie et les enregistrements intracrâniens confirment son activation sélective vers 170-200 ms après la présentation d'un mot (Bolger et al., 2005; Cohen et al., 2000;



Dehaene, Le Clec'H, Poline, Le Bihan, & Cohen, 2002; Jobard, Crivello, & Tzourio-Mazoyer, 2003). L'activation de cette VWFA est proportionnelle au niveau de lecture des sujets, et spécifique à la lecture de mots quelle que soit la casse, majuscule ou minuscule, le type d'écriture, manuscrite ou tapuscrite (Baker et al., 2007 ; Dehaene et al., 2004 ; Dehaene et al., 2010). Elle n'est pas sensible à la différence entre mots et pseudo-mots, mais son activation varie avec la régularité orthographique : plus la fréquence des bigrammes augmente, plus l'activation s'accroît (Binder, 2006 ; Vinckier et al., 2007). Cette activation n'est pas homogène. Elle présente une organisation antéro-postérieure avec un degré croissant d'invariance et un codage d'unités de taille croissante, depuis les lettres isolées jusqu'aux bigrammes, aux morphèmes (Dehaene et al., 2005) et aux mots (Glezer, 2009; Dehaene et al., 2004 ; Vinckier, 2007). De plus, cette zone fait la distinction entre les mots et leur image en miroir (Dehaene et al., 2010; Pegado, Nakamura, Cohen, & Dehaene, 2011), mais reste insensible à une présentation en miroir d'un visage. Des études récentes (Kao, Chen, & Chen, 2010; Liu et al., 2008) révèlent une spécialisation similaire pour les caractères chinois chez les lecteurs chinois.

Les hypothèses sur l'importance de la VWFA ainsi que sa spécificité pour le traitement orthographique des stimuli visuels ont été appuyées par l'observation de cas d'alexie sévère après lésion de cette région (Binder & Mohr, 1992; Cohen et al., 2000; McCandliss, Cohen, & Dehaene, 2003). Les études sur les patients alexiques révèlent qu'une lésion de cette zone pourrait être impliquée dans la perte des habiletés à identifier une suite de lettres, sans distinction du statut lexical, alors que la production et la compréhension du langage oral et les habiletés d'écriture sont préservées. Ce pattern correspond au syndrome d'alexie pure décrit une centaine d'années plus tôt par Déjerine (1892). Des études chez des patients présentant une lésion du lobe occipitotemporal gauche confirment qu'une atteinte de la VWFA prédit l'occurrence de l'alexie pure (Cohen et al., 2003 ; Molko et al., 2002 ; Starrfelt, Habekost, & Leff, 2009). Elle peut résulter d'une désafférentation de la VWFA (Epelbaum, 2008).

Néanmoins cette spécificité a été remise sérieusement en question par des études dans lesquelles l'activation de la VWFA était également observée dans des tâches de dénomination d'images (Price & Devlin, 2003, 2011). Cohen et Dehaene (2004) proposent une réinterprétation des données obtenues, dans le sens d'une spécialisation de cette région dans l'identification des lettres pendant l'apprentissage de la lecture. En outre, la

VWFA est sur-activée quand le mot présenté inclut une déviance au niveau de la casse (par exemple, « maiSon » ; (Kronbichler et al., 2009). Cela montre que cette région n'est pas seulement sensible au caractère orthographique de la séquence de lettres présentée mais aussi à sa typicalité. Elle constitue une voie d'accès, un relais entre l'entrée visuelle et l'encodage des informations phonologiques et lexico-sémantiques (Jobard et al., 2003).

### **III.3 NEURO-ANATOMIE DES DEUX VOIES DE LECTURE ET D'ÉCRITURE**

La plupart des modèles actuels (Coltheart et al., 2001) considèrent que le traitement de l'information écrite emprunte deux voies parallèles. La recherche en neuro-imagerie s'est attachée à disséquer les aires cérébrales associées aux deux routes de lecture. Deux types de méthodes sont utilisés pour moduler le passage par la voie lexicale ou par la voie de conversion graphème-phonème. Dans la méthode « à stimuli variables », on contraste des stimuli dont la théorie veut qu'ils empruntent des voies différentes (e.g., lecture de mots vs. lecture de pseudo-mots ; mots réguliers vs. mots irréguliers ; mots fréquents vs. mots rares). Dans la méthode « à stimulus constant et tâche variable », on contraste des tâches qui concentrent l'attention du sujet sur un niveau de traitement phonologique (e.g., jugement de rimes) ou lexical (e.g., jugement de synonymie). Les résultats de ces différentes méthodes semblent converger pour impliquer l'arrière du gyrus temporal moyen, la face ventrale antérieure du lobe temporal et la partie triangulaire de la région frontale inférieure dans la voie lexicale (Figure 12, tracé vert). Pour la voie sublexicale (Figure 12, tracé jaune), ou voie de conversion, il semblerait que ce soient les régions temporales supérieure et moyenne gauche ainsi que le gyrus supramarginal et la partie operculaire de la région frontale inférieure (Jobard et al., 2003). Ces résultats, le plus souvent fondés sur l'IRMf ou la TEP, sont confirmés par une étude à haute résolution temporelle en MEG (Simos et al., 2002). Celle-ci suggère que les deux voies fonctionnent en parallèle, mais que la vitesse de lecture est déterminée par l'une ou l'autre voie suivant la nature du mot lu.

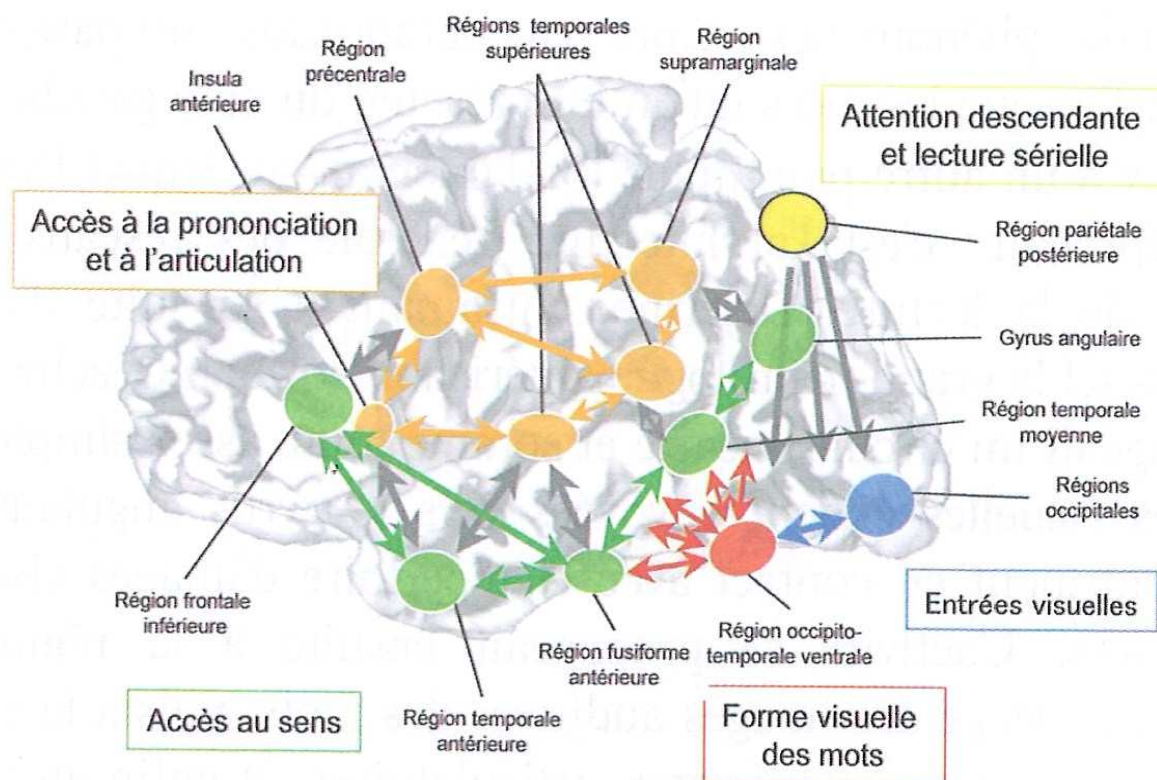


Figure 12. Localisation de la VWFA, Dehaene (2007).

Les études en neuroimagerie sont peu nombreuses dans le cas de l'écriture. Toutefois, (Henry et al., 2005) révèlent dans une étude lésionnelle, des patients avec une lésion du cortex péri-sylvien gauche qui montrent un déficit plus marqué en écriture de pseudo-mots alors que la voie directe d'écriture semble être plus affectée chez les patients qui présentent une lésion extrasylvienne. Une lésion du cortex pariétal supérieur gauche peut également entraîner des déficits en production écrite (Menon & Desmond, 2001). L'utilisation de la voie directe (écriture de mots familiers) serait caractérisée par l'activation du gyrus temporal inférieur gauche (Beeson, Rising, & Volk, 2003; Matsuo et al., 2001; Nakamura et al., 2000). L'utilisation de la voie non lexicale, soit la conversion phonème-graphème, serait gérée par les aires péri-sylviennes comme le montrent des résultats obtenus en IRMf chez des sujets sains. En effet, le contraste production écrite de pseudo-mots versus mots montre une activation du gyrus temporal supérieur et moyen, du gyrus pré-central et de l'insula (Beeson & Rapcsak, 2003; Omura, Tsukamoto, Ohgami, & Yoshikawa, 2004). Enfin, l'exécution motrice serait supportée par le gyrus pré-central, ainsi que le cortex pré-moteur (Beeson et al., 2003).

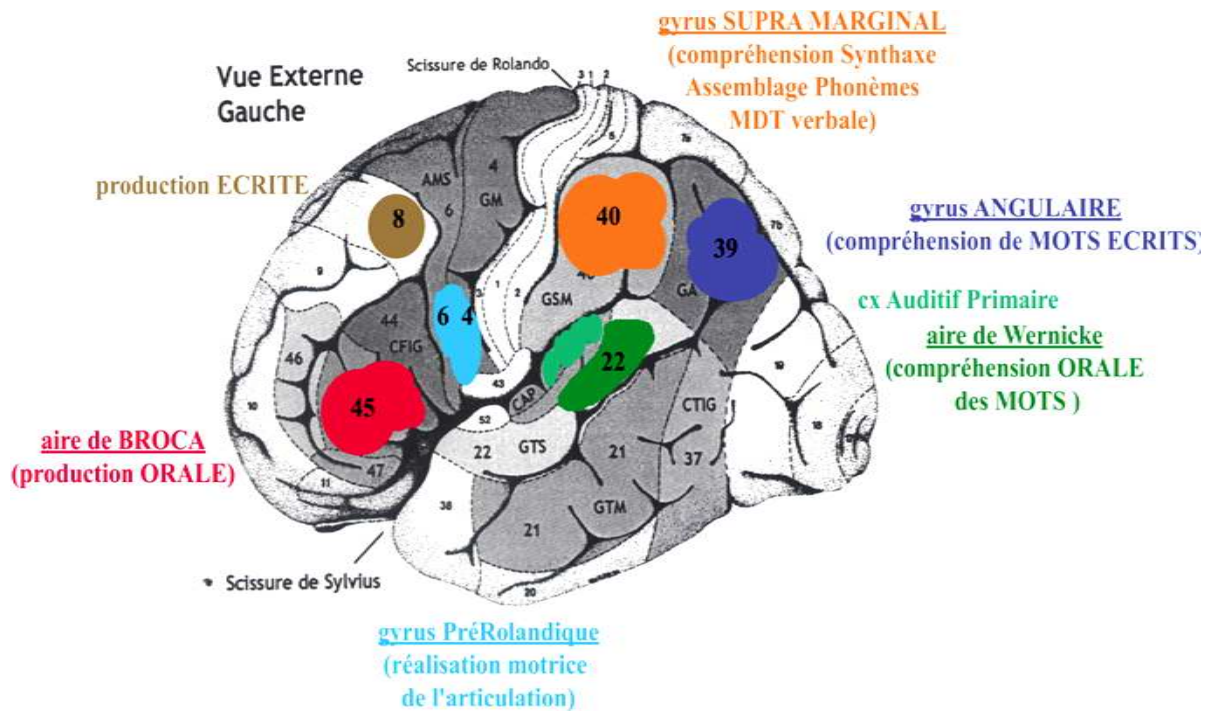


Figure 13. Schéma des aires cérébrales impliquées dans la lecture-écriture (<http://www.cofemer.fr>)

**Pour résumer :** dans le cas de la lecture, trois grands ensembles de circuits cérébraux sont mis en jeu. Les réseaux de la reconnaissance visuelle invariante interviennent afin d'identifier la chaîne de caractères. Viennent ensuite la conversion des caractères écrits en une représentation phonologique et, en parallèle, l'accès au lexique et au sens des mots et des phrases. Chacun de ces réseaux se met en place avec l'apprentissage de la lecture, dépend en partie de l'organisation de l'écriture et de l'orthographe de la langue, et peut être l'objet de déficits cognitifs chez l'adulte comme chez l'enfant. La lecture semble impliquer une activité cérébrale qui commence de façon bilatérale dans le cortex visuel (lobe occipital) pour se latéraliser à gauche dès l'identification de formes orthographiques spécifiquement linguistiques au niveau de la partie postérieure du cortex temporal inférieur (VWFA). Les pseudo-mots et mots rares seraient ensuite traités par conversion grapho-phonémique (ou phono-graphémique pour l'écriture) notamment au niveau du gyrus temporal supérieur et du gyrus supramarginal. Le traitement direct des mots connus passerait par le lobe pariétal inférieur pour la lecture, et par le gyrus temporal inférieur pour l'écriture. Le traitement sémantique s'effectuerait au niveau de la jonction temporo-pariétale postérieure gauche et du lobe temporal antérieur inférieur gauche. Enfin, l'encodage phonologique et articulatoire

se ferait principalement dans la partie postérieure du gyrus frontal inférieur, alors que l'exécution motrice de l'écriture se ferait dans le cortex pré-moteur.

Après avoir défini les connaissances orthographiques lexicales, les avoir localisées en fonction de différentes conceptions théoriques et des apports de la neuro-imagerie, nous aborderons dans le chapitre suivant leur acquisition.



# **CHAPITRE IV**

## **L'ACQUISITION DES CONNAISSANCES ORTHOGRAPHIQUES LEXICALES**

Plusieurs types de modèles ont été proposés depuis une trentaine d'années pour rendre compte du développement de l'écrit. L'interdépendance entre lecture et écriture développée dans la partie précédente permet de s'appuyer sur des modèles théoriques relatifs à la lecture pour tenter de comprendre l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales. En effet, la plupart des modèles d'acquisition de l'orthographe sont des adaptations des modèles d'acquisition de la lecture (Fayol & Jaffré, 1999; Rieben, Ntamakiliro, Gonthier, & Fayol, 2005). Nous allons aborder dans ce chapitre comment l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales est modélisée dans les modèles développementaux puis nous verrons à travers différentes études empiriques quels sont les facteurs cognitifs impliqués dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale.

### **IV.1 APPRENTISSAGE DES CONNAISSANCES ORTHOGRAPHIQUES LEXICALES DANS LES MODELES DEVELOPPEMENTAUX**

Une caractéristique des modèles développementaux est de décrire l'acquisition de l'orthographe par une suite d'étapes strictes et identiques pour tous les enfants. Ils spécifient quand le lexique orthographique se met en place. Le modèle le plus cité dans la littérature scientifique est celui de Frith (1985), que nous allons détailler ci-après.

#### **IV.1.1 LE MODELE A ETAPES DE FRITH (1985) ET EHRI (1997)**

Le modèle de Frith (1985), tout comme les autres modèles développementaux par stades (Ehri, 1997; Gentry, 1982), se fonde sur une conception modulaire du lexique, dont le cadre de référence est le modèle de lecture à deux voies (Coltheart et al., 2001). Pour rappel, les

mots connus sont traités directement par adressage (voie lexicale) et les mots inconnus sont traités par assemblage (voie sous-lexicale) selon trois étapes ; segmentation du mot en phonèmes, conversion selon les règles de transcription phono-graphémique et assemblage des graphèmes (Fayol & Gombert, 1999). Selon les modèles par stades, l'apprentissage de l'écrit consisterait en la mise en place progressive des deux procédures. Le modèle de Frith (1985) propose trois stades correspondant chacun à une stratégie particulière (Figure 14).

#### **IV.1.1.1 Le stade logographique :**

Il est caractérisé par l'utilisation des indices visuels saillants et par la non-prise en compte de l'ordre des lettres et des facteurs phonographiques. L'accès aux mots est direct, et ne nécessite pas l'utilisation de la correspondance graphie/phonie. Pour Frith, cette stratégie logographique de la lecture incite l'enfant à l'utiliser pour produire de l'écrit. Cependant, l'existence de l'écriture logographique est fortement contestée car difficile à mettre en évidence (Goswami & Bryant, 1990). De même, l'utilité de cette étape dans l'acquisition de la lecture est également discutée (Ehri & Wilce, 1983; Seymour, 1997; Sprenger-Charolles & Bonnet, 1996; Stuart & Coltheart, 1988).

#### **IV.1.1.2 Le stade alphabétique :**

Il correspond à la mise en place et au développement des liaisons entre les unités visuelles (les graphèmes) et les unités phoniques (les phonèmes). Selon Frith, l'enfant de 6-7 ans utilise d'abord cette stratégie alphabétique dans l'écriture, à cause du traitement forcément séquentiel des mots lors de la production écrite. Elle serait ensuite transférée à la lecture. Cette étape correspond à la mise en place de la voie indirecte du modèle à deux voies.

#### **IV.1.1.3 Le stade orthographique :**

Ce dernier stade se substitue à la lecture par médiation phonologique et est assimilé à la voie directe. L'unité de reconnaissance n'est plus le graphème mais le morphème et l'enfant le traite globalement pour activer la représentation phonologique qui lui correspond. Cette stratégie orthographique serait d'abord utilisée en lecture puis transférée à l'écriture.



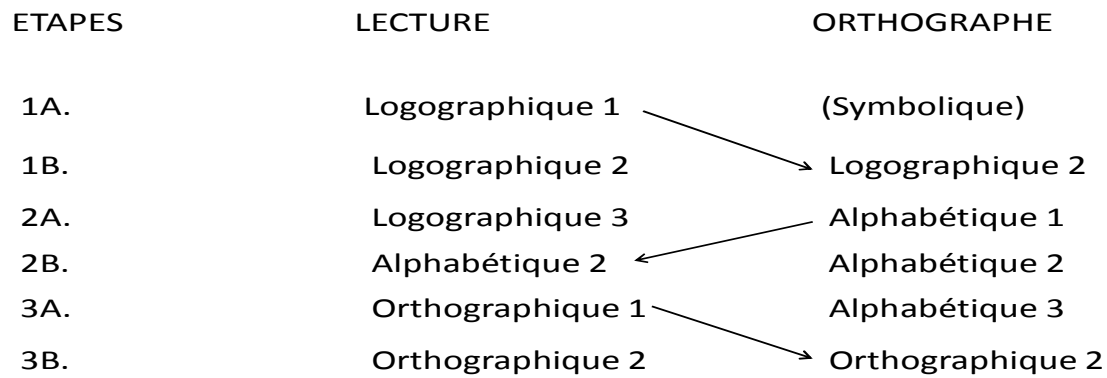


Figure 14. Modèle d'acquisition de la lecture et de l'orthographe de Frith (1985).

Ce modèle explicite peu le passage de l'étape alphabétique à l'étape orthographique. Frith avance que les enfants passent d'une analyse des mots lettre par lettre à une reconnaissance de groupes de lettres. La mémorisation des groupes de lettres est donc dépendante des capacités de décodage acquises à l'étape précédente. C'est pourquoi Ehri, (1997) a proposé un modèle d'acquisition basé sur le même principe de succession de stades, mais en insistant sur l'importance de l'étape alphabétique pour la mise en place des connaissances orthographiques. Ce modèle se décompose en quatre stades. Le premier, équivalent à l'étape logographique, est appelé pré-alphabétique. Le second stade de Frith est décliné en deux phases pour Ehri ; a) une phase alphabétique partielle, pendant laquelle le lecteur débutant utilise des connaissances rudimentaires de relations entre lettre et son, et b) une phase alphabétique complète où les connaissances alphabétiques sont plus importantes. Un dernier stade, appelé alphabétique consolidé, correspond à la phase orthographique du modèle de Frith.

Frith (1985) et Ehri (1997) supposent qu'une pratique intense de la lecture, par une stratégie alphabétique, encourage l'analyse de séquences de lettres dans les mots. Ces représentations orthographiques acquises au cours de la lecture seraient ensuite transférées à l'orthographe pour développer les connaissances permettant l'évolution de l'orthographe phonétique vers l'orthographe correcte. Pour Ehri, les connaissances sur le système alphabétique, à savoir les règles de correspondance grapho-phonémiques, seraient les substances premières pour construire la mémoire des mots, c'est-à-dire les connaissances orthographiques lexicales.

Bien que ces modèles par stades (Frith, 1985 ; Ehri, 1997) restent le cadre de référence de nombreuses études, plusieurs critiques leur ont été adressées. Tout d'abord, la limite majeure de ces modèles consiste en ce qu'ils sont essentiellement descriptifs et schématiques ; ils n'éclairent pas la dynamique de l'acquisition. En effet, ils n'expliquent pas comment les stades se mettent en place ni comment les acquis d'un stade s'intègrent et déterminent le stade suivant, ni comment s'opèrent les transferts. Plus encore, cette description ne reflète pas la réalité des compétences précoces observées chez les enfants. De plus, le caractère nécessaire de chaque stade a été remis en cause par certains auteurs. Par exemple, les observations sur des enfants francophones (Sprenger-Charolles & Casalis, 1995) ont montré que certains enfants ne manifestent aucun signe de passage par le stade logographique et qu'ils semblent utiliser directement une stratégie phonologique. D'ailleurs, aucun fait empirique ne permet d'étayer l'hypothèse selon laquelle la stratégie alphabétique découle de la stratégie logographique.

Une autre critique concerne le caractère successif des stades. En effet, la notion de stade implique que lorsqu'un stade est dépassé, la stratégie qui le caractérise disparaît avec lui pour passer au stade suivant et, donc, à une autre stratégie. Or, ces stratégies ne sont pas mutuellement exclusives. Les stades se chevauchent plus qu'ils ne se succèdent, et tout scripteur utilise différentes stratégies de production. Un autre type de modèle développemental envisage un développement plus parallèle des différents modules.

#### **IV.1.2 LE MODELE A FONDATION DUALE (SEYMOUR, 1997)**

Le modèle interactif à fondation duale de Seymour (1997) postule que les différentes modalités de traitement se développent en parallèle et interagissent (Figure 15). Cet auteur propose une concomitance entre les traitements logographiques et alphabétiques au début de l'acquisition de la lecture/écriture. Ce modèle interactif est composé de cinq processeurs distincts ; logographique, alphabétique, conscience linguistique, orthographique et morphographique. Le système de la conscience linguistique se met en place pendant la phase nommée « pré-littéracie » puisqu'elle précède l'apprentissage proprement dit de la lecture et de l'orthographe. Ce processeur comprend les consciences morphémique et phonologique, qui sont à ce moment implicites. Les processeurs logographiques et alphabétiques se développent conjointement pour constituer la fondation du développement des connaissances orthographiques. Contrairement à la conception de Frith

(1985), le processeur logographique reconnaît directement les unités lexicales et infralexicales et peut les stocker. Ainsi, ce stockage ne nécessite pas de connaissances grapho-phonémiques particulières ni de traitement phonologique. Il permet de constituer un premier lexique, provisoire, qui fournira des données pour la construction des connaissances orthographiques et morphographiques. Le processeur alphabétique nécessite un traitement phonologique et une connaissance des relations entre les lettres et les sons. De ce fait, il permet la lecture des mots inconnus, contrairement au processeur logographique qui permet la lecture des mots familiers. Ces deux processus servent de fondement aux structures centrales, orthographique et morphographique. Lors de la phase appelée « littéracie orthographique », le processus orthographique encode et stocke des connaissances orthographiques générales et abstraites. Contrairement au système logographique ces connaissances sont organisées, ce qui permet au processus orthographique d'appréhender les mots sans décodage séquentiel, à l'inverse du processus alphabétique, mais par une généralisation des connaissances acquises aux mots inconnus. Cette structure orthographique se développe progressivement par stades ; central, intermédiaire et avancé. Le stade central est à l'origine de la structure orthographique, il émerge des connaissances de base sur les graphèmes-phonèmes résultant de la formation du processus alphabétique. Après une réorganisation de l'ensemble des connaissances alphabétiques, le traitement des unités évolue de la structure syllabique simple à des structures de plus en plus complexes (stade intermédiaire puis avancé). Le processeur morphographique est une structure élaborée en complément de la structure orthographique pour permettre au système de traiter les mots les plus complexes. Il est tributaire du développement de la structure orthographique et dépendant de l'interaction avec la conscience linguistique.

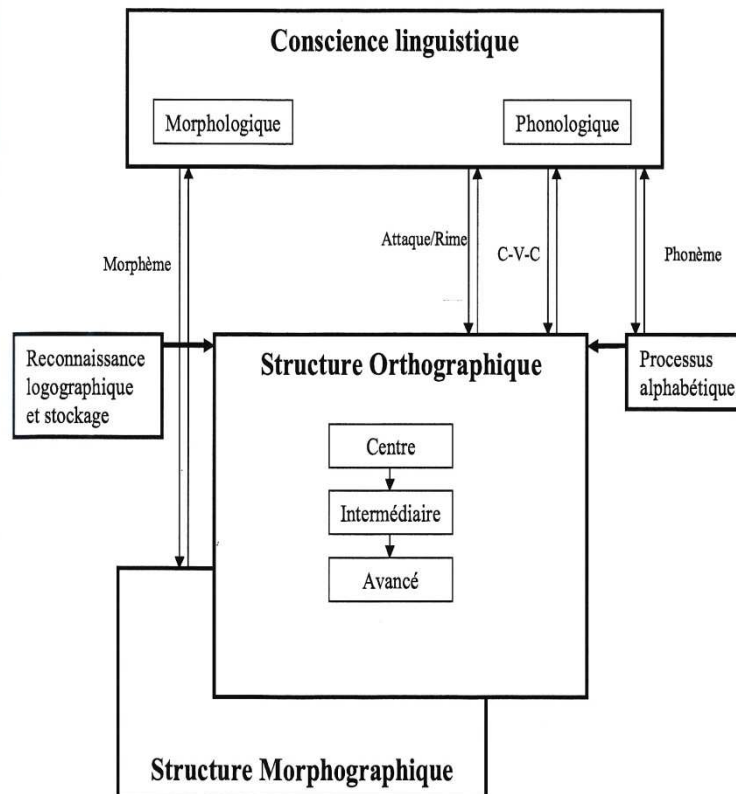


Figure 15. Modèle à fondation duale du développement orthographique (Seymour, 1997)

Contrairement aux modèles par étapes de Frith (1985) et Ehri (1997), le modèle à fondation duale de Seymour (1997) prévoit que les représentations orthographiques dépendent à la fois des connaissances alphabétiques et des connaissances logographiques dès le début de l'apprentissage. Toutefois, ce processeur logographique est contesté dans la littérature, et des études ont mis en évidence que, non seulement la lecture logographique n'était pas obligatoire, mais qu'en plus elle n'avait aucun pouvoir génératif (Sprenger-Charolles & Colé, 2003).

Ainsi, la critique essentielle apportée aux modèles développementaux est de ne pas donner d'informations sur les processus cognitifs impliqués dans l'acquisition d'une connaissance orthographique. Ils ne répondent pas à la question de comment un lecteur passe d'un traitement alphabétique séquentiel à la mémorisation d'une forme orthographique lexicale.

## IV.2 L'APPRENTISSAGE DES CONNAISSANCES ORTHOGRAPHIQUES LEXICALES PAR LES MODELES DE LECTURE EXPERTE

Bien que les modèles de lecture experte ne soient pas conçus pour rendre compte de l'apprentissage, leur implémentation implique forcément un apprentissage. Nous allons donc voir dans cette section comment les modèles implémentés envisagent l'apprentissage.

### IV.2.1 DANS LES MODELES A DEUX VOIES

Les modèles DRC et CDP++, dont l'architecture générale a été déjà décrite, comportent un lexique orthographique dans la voie directe, qui correspond aux connaissances orthographiques lexicales du modèle. Cependant, aucune phase d'apprentissage ne permet l'acquisition de ces connaissances, qui sont directement implémentées dans le modèle sous forme d'unités distinctes. Ainsi, le lexique orthographique de DRC contient plus de 7900 unités correspondant chacune à un mot différent. Les versions plus récentes du modèle à deux voies (CDP+ et CDP++) présentent, par rapport à DRC, une évolution importante de la voie indirecte ou procédure sublexicale, et de l'acquisition des règles de conversion grapho-phonémiques. Cependant, la conception de la voie directe dans CDP++ est totalement identique à celle de DRC, sauf au niveau du nombre d'unités puisque CDP++ inclut les mots monosyllabiques et dissyllabiques. Notamment, il y a une indépendance totale, dans ces modèles, entre la construction de la voie sublexicale et la constitution du lexique orthographique.

Les différentes implémentations du modèle de lecture à deux voies n'apportent donc pas vraiment d'éclairage sur ce que pourraient être les mécanismes d'acquisition des connaissances orthographiques lexicales. Cependant, Grainger & Ziegler (2011) ont récemment émis certaines hypothèses d'apprentissage liées aux modèles à deux voies. Leur proposition, représentée par un modèle théorique dit « modèle à voies multiples de lecture silencieuse » (« *Multiple-route model of silent reading* », Figure 16) s'appuie sur le modèle à bigrammes ouverts de Grainger et Van Heuven's (2003). Elle consiste essentiellement à prévoir, entre le niveau de codage de l'identité et de la position des lettres, et le niveau de connaissances orthographiques lexicales, un niveau intermédiaire de codage des bigrammes, lui-même constitué de deux modules. Un module coderait les bigrammes ouverts. Les bigrammes ouverts sont constitués par toutes les paires de lettres formant le mot qu'elles

soient adjacentes ou pas mais toujours en suivant l'ordre correct du mot. Le codage orthographique de cette étape est centré sur le mot et invariant par rapport à la position absolue des lettres. Il permet d'expliquer les effets d'amorçage par position relative (i.e., « slene » amorcera « silence », mais pas « snele ») et les effets d'amorçage par lettre transposée («jadrin » amorcera « jardin »), (Grainger & Withney, 2004). L'activation des bigrammes ouverts détermine à son tour l'activation du dernier niveau, celui des représentations orthographiques du mot entier par des connexions bidirectionnelles. Mais le codage par la position relative des lettres dans le mot ne permet pas de coder les graphèmes complexes tels que « ch », « ou », « in ». C'est pourquoi l'autre module coderait uniquement les bigrammes de lettres adjacentes. Grainger et Ziegler (2011) proposent de ce fait une approche à deux routes non pas basée sur la distinction traditionnelle d'une voie directe orthographique et d'une voie indirecte phonologique, mais plutôt sur deux approches orthographiques ;

- l'une, « *coarse-grained orthography* », dans laquelle les représentations orthographiques sous-lexicales sont les bigrammes ouverts. Elles ne tiennent pas compte de la position des lettres et activent ensuite la représentation lexicale

- l'autre, « *fine-grained orthography* », pour laquelle les représentations orthographiques sont soit des graphèmes, soit des représentations morpho-orthographiques comme les affixes par exemple. Elle donne des informations plus précises sur l'ordre des lettres. Ces graphèmes activent ensuite les représentations phonologiques sublexicales. Ces dernières activent à leur tour les représentations phonologiques « mot entier » qui sont en inter relation avec les représentations orthographiques lexicales et les représentations sémantiques.

Pour les auteurs de ce modèle, l'apprentissage de l'orthographe lexicale est donc contraint par la mise en place de ces deux codages de bigrammes. Mais en fait, le premier élément fondamental de leur hypothèse d'apprentissage concerne les mécanismes d'identification des lettres. Tant que l'identification de toutes les lettres du mot en parallèle n'est pas possible, les lecteurs débutants utiliseraient une stratégie de lecture séquentielle (*serial letter identification*, Figure 16-1). Comme avancé par Share (1995) et Ehri (1998), le décodage phonologique est donc considéré dans ce modèle comme une première étape essentielle pour l'apprentissage de la lecture. Les auteurs postulent que c'est durant cette phase de décodage phonologique que l'exposition à la forme écrite du mot permet la mise

en place progressive d'un système spécialisé pour le traitement parallèle des lettres (Figure 16-2). A partir de ce traitement parallèle des lettres, se mettent en place les deux voies orthographiques (Figure 16-3a et 3b). La voie des bigrammes permet un accès rapide aux représentations sémantiques via les représentations orthographiques lexicales. Tandis que la voie des graphèmes procure une plus grande efficacité dans la transposition des graphèmes en phonèmes. Grainger et Ziegler (2011) notent que la distinction entre la voie directe orthographique et la voie indirecte phonologique des modèles à deux voies est ici étendue à la distinction entre ces deux voies orthographiques. La voie par les graphèmes serait considérée comme la voie indirecte car reliée à une composante phonologique. Alors que la voie des bigrammes ouverts serait vue comme la voie d'adressage.

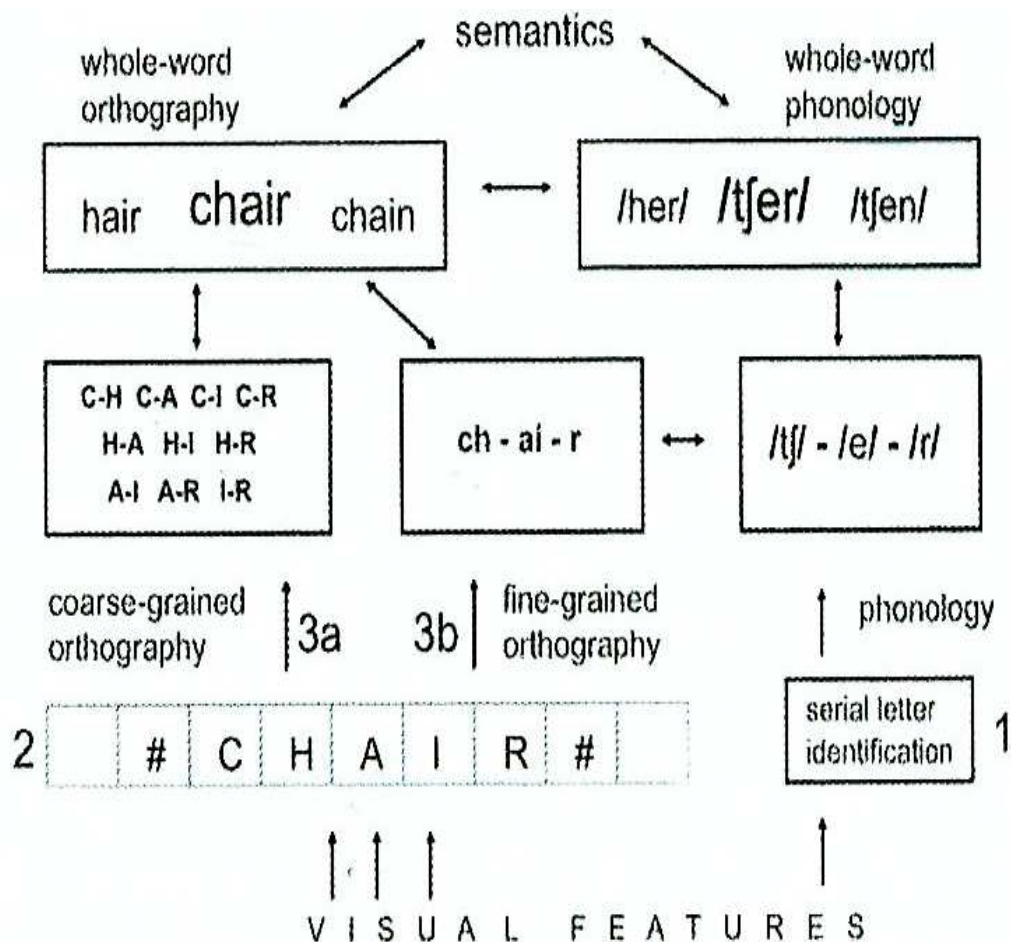


Figure 16. Schéma du modèle de multiples-voies de la lecture silencieuse tiré de Grainger et Ziegler (2011). 1. L'entrée orthographique se fait par un traitement lettre à lettre. 2. Développement d'un traitement parallèle. 3. Développement de deux types de représentations sublexicales, 3a représentations par bigrammes ouverts, 3b représentations par graphèmes.

**Pour résumer** : des hypothèses récentes sur les mécanismes d'acquisition de l'orthographe lexicale, issues de la conception modulaire de la lecture à deux voies, mettent en avant l'importance d'une capacité de traitement parallèle des lettres du mot, et l'importance d'un codage des bigrammes ouverts et des graphèmes, intermédiaire entre le codage des lettres et celui des mots entiers.

Nous allons maintenant envisager l'apprentissage des connaissances lexicales orthographiques dans un autre cadre théorique, celui du modèle MTM décrit plus haut.

#### **IV.2.2 DANS LE MODELE MULTI TRACES DE LECTURE**

Pour mémoire, le fonctionnement de ce modèle postule que dans le cas où le mot rencontré est connu, la fenêtre visuo-attentionnelle de la couche orthographique O1 (Figure 9, p.54) porte sur le mot entier et le modèle lit le mot par une procédure globale. Par contre, si le mot est vu pour la première fois, la fenêtre va porter sur une partie du mot seulement, puis se déplacer pour lire séquentiellement, en procédure analytique. Il prend donc en considération deux modalités possibles de la lecture : globale et analytique.

Bien que ce modèle soit un modèle expert non conçu pour simuler l'apprentissage de la lecture, c'est un modèle qui apprend. En particulier, le développement des connaissances orthographiques lexicales correspond à la création des traces-mots dans la mémoire épisodique. La phase d'apprentissage du modèle permet la création de traces-mots et traces-segments en mémoire épisodique. Lors de cette phase d'apprentissage, les séquences orthographiques sur la couche O1 et phonologiques sur la couche P sont fournies simultanément au modèle. Le traitement du mot en mode global permettra la création d'une trace-mot (Figure 17a) et son traitement en mode analytique entraînera la création de traces-segments (Figure 17b). La création de traces-mots est possible lors de ce traitement analytique. Toutefois, cela suppose un maintien de la forme phonologique de chaque segment lu en mémoire épisodique, puis d'un assemblage pour aboutir au patron phonologique entier. Les auteurs supposent qu'un mot n'est traité qu'un nombre de fois stable et limité en mode analytique. Il sera ensuite automatiquement traité en mode global. En tout cas, la création d'une trace-mot nécessite que la fenêtre visuo-attentionnelle soit capable d'englober la séquence orthographique entière. Les capacités de traitement visuo-attentionnel conditionneraient donc l'apprentissage de l'orthographe lexicale. En effet, si l'ouverture de la fenêtre visuo-attentionnelle est réduite cela entraîne des difficultés



d'acquisition de la forme orthographique des mots irréguliers (e.g., oignon, monsieur), et donc des difficultés de lecture. De même, une taille réduite rallonge le temps de lecture des mots réguliers (e.g., canapé, table), ou pseudo-mot (e.g., caltar, clinton), puisque cela nécessite le maintien puis l'assemblage de chaque segment en mémoire épisodique.

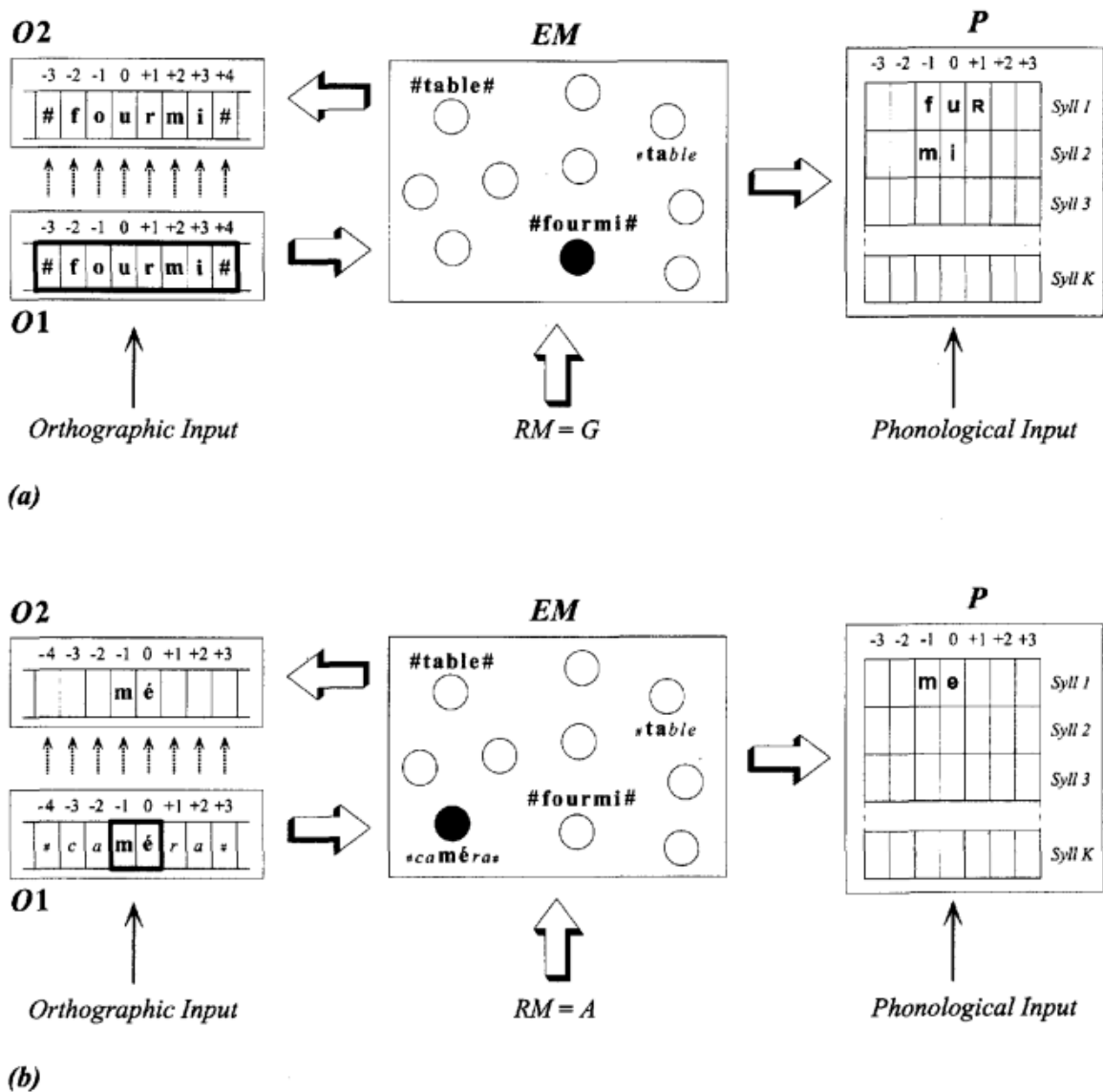


Figure 17. Phase d'apprentissage du modèle MTM tiré de Ans, Carbonnel & Valdois (1998). a) la fenêtre englobe le mot entier, b) la fenêtre est réduite sur une partie du mot. O1 = couche orthographique d'entrée, O2 =couche orthographique avec la même structure que O1, EM = mémoire épisodique, RM = création de la trace (RM=G en global, RM=A en analytique), Syll = sous-set syllabique.

Lors de la création d'une trace-mot, l'information relative au contexte environnemental et au mode de lecture mis en œuvre est encodée. Ainsi, lorsqu'un mot est rencontré plusieurs

fois dans des contextes différents, une trace différente sera à chaque fois créée. Toutefois, de par la capacité supposée limitée du modèle et de par le fait que la probabilité de rencontrer un mot dans des contextes différents diminue avec l'augmentation des traces créées en mémoire épisodique, le nombre de traces-mots créées est proportionnel à la fréquence du mot.

**Pour résumer** : selon le modèle de lecture MTM, une nouvelle trace-mot, représentant une connaissance lexicale orthographique, est créée pendant la lecture chaque fois que les informations orthographiques et phonologiques du mot entier sont disponibles simultanément. La trace-mot correspond en quelque sorte à une mémoire de cet événement. Selon ce modèle, les mécanismes importants à la mémorisation de l'orthographe lexicale seraient donc la simultanéité du traitement orthographique et phonologique du mot, et le traitement orthographique en mode global, c'est-à-dire avec un traitement visuel simultané de toutes les lettres du mot.

L'acquisition de l'orthographe lexicale, qu'elle soit envisagée selon les modèles développementaux ou les modèles experts de la lecture, est toujours liée à l'acte de lire. Nous abordons maintenant les différentes études empiriques ayant directement étudié ce lien direct entre la lecture d'un mot nouveau et la mémorisation de son orthographe, et traitant des facteurs cognitifs impliqués dans l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales.

### **IV.3 COMMENT S'ACQUIERENT LES CONNAISSANCES ORTHOGRAPHIQUES LEXICALES ?**

L'apprentissage peut être considéré selon deux versants ; un versant explicite et un versant implicite (Gombert, Bryant, & Warrick, 1997; Pacton, Fayol, & Perruchet, 2002). Le premier relève d'un enseignement systématique et se décline en trois étapes. La première étape est dite « déclarative ». Lors de celle-ci, l'adulte fournit à l'enfant des informations sur ce qu'il doit faire. Il lui apprend à identifier les règles à traiter. C'est lors de cette étape que l'enfant acquiert les connaissances grapho-phonémiques. Suit une étape de transition, lors de laquelle l'enfant a de moins en moins besoin de verbaliser ce qu'il est en train de faire. Les connaissances déclaratives se procéduralisent pour devenir inconscientes lors de la dernière

étape, l'étape procédurale. Le propre de l'apprentissage implicite est d'acquérir des connaissances sans en avoir conscience. En ce qui concerne l'apprentissage de l'orthographe lexicale spécifique, la principale situation d'apprentissage implicite serait la situation de lecture, on parle alors d'auto-apprentissage.

### **IV.3.1 L'HYPOTHÈSE D'AUTO-APPRENTISSAGE**

#### **IV.3.1.1 Origine de l'hypothèse : les travaux de Share (1999)**

Jorm et Share (1983), Share (1995; 1999) postulent l'existence d'un mécanisme d'auto-apprentissage implicite de l'orthographe des mots par la mise en œuvre des relations entre graphèmes et phonèmes au cours de la lecture. Leur hypothèse est que ce décodage, ou cette médiation phonologique (on retrouve ici la procédure d'assemblage) permettrait d'une part la lecture des nouveaux mots, mais serait également une condition essentielle de la mémorisation de leur forme orthographique.

Pour valider son hypothèse, Share (1999) met en place une expérience portant sur 40 enfants hébraïques scolarisés en 2<sup>ème</sup> année. Ces élèves devaient lire à haute voix des textes dans lesquels étaient inclus des pseudo-mots qui apparaissaient 4 ou 6 fois. Après un délai de trois jours, les enfants étaient testés sur les connaissances orthographiques de ces pseudo-mots. Pour mesurer leur apprentissage trois tâches différentes sont proposées. La première est le choix orthographique entre quatre items ; la cible, un homophone dans lequel les lettres cibles sont remplacées par des lettres homophones, un pseudo-mot dans lequel une lettre est remplacée par une lettre visuellement similaire, et enfin un distracteur dans lequel deux lettres adjacentes ont été transposées. La seconde est une tâche de dénomination rapide sur un écran. La dernière est l'écriture de ces items cibles. Les résultats montrent que le pseudo-mot cible est plus souvent reconnu, nommé et écrit que l'item homophone et ce, dès quatre expositions.

Pour montrer que l'apprentissage orthographique est bien dépendant du décodage phonologique, Share monte une autre expérience dans laquelle il présente à l'enfant des mots isolés sur un écran. Ces mots apparaissent pendant 300 ms et le sujet doit décider s'il s'agit d'un mot existant ou pas. Il est cependant gêné dans son décodage phonologique par une double tâche : il doit prononcer en même temps le mot « dubba ». Les résultats montrent une diminution de l'apprentissage orthographique par rapport aux résultats obtenus lors de la première expérience. Il en conclut que c'est le traitement phonologique

du mot entier qui détermine son apprentissage orthographique. Pour confirmer ces résultats, lors d'une troisième expérience avec des conditions identiques à la précédente mais sans double tâche, l'enfant doit lire à haute voix l'item présenté. Les résultats sont alors meilleurs que dans la deuxième expérience, ce qui confirme l'importance du décodage phonologique.

Enfin, dans une quatrième expérience, Share remplace les pseudo-mots par une suite de quatre symboles afin de voir dans quelle mesure la mémorisation d'une représentation visuelle peut être attribuée à une simple exposition sans possibilité de décodage. Pendant la phase d'apprentissage, les sujets devaient entourer les suites où il y avait un symbole de plus. Chaque suite est présentée 6 fois. Lors du test ils devaient choisir la suite cible qu'ils avaient vue pendant l'apprentissage. Les résultats sont peu significatifs, 32 % de suites cibles sont choisies alors que le taux du hasard est de 25 %. Share conclut que la part du traitement visuel dans l'acquisition des connaissances orthographiques est faible. Pour lui, le décodage phonologique a donc un rôle crucial dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale.

#### **IV.3.1.2 Confirmation et précisions de l'hypothèse d'auto-apprentissage**

Cette assertion est reprise par Cunningham et al. (2002), dans une étude conduite en langue anglaise. Leur expérience concerne un groupe de 34 enfants scolarisés en seconde année. Ces derniers doivent lire des mots nouveaux, présentés 6 fois dans un même texte. Trois jours plus tard, ils sont soumis à une épreuve de choix et à une épreuve de dictée. Les résultats montrent un apprentissage orthographique significatif. De plus, les auteurs obtiennent une corrélation significative entre le nombre d'items correctement décodés en phase d'apprentissage et l'apprentissage orthographique. Cette corrélation est en total accord avec l'hypothèse d'auto-apprentissage. Plusieurs études, conduites depuis ces premières expériences à partir du même paradigme, confirment l'hypothèse d'auto-apprentissage (Bowey & Muller, 2005; Kyte & Johnson, 2006; Nation et al., 2007; Share & Shalev, 2004) et suggèrent que le décodage est la condition sine qua non pour apprendre l'orthographe lexicale. De plus, certaines études apportent des précisions quant aux conditions nécessaires à une mémorisation significative de l'orthographe après la lecture.

##### **.IV.3.1.2.1 Le nombre d'expositions nécessaires**

Une première précision concerne la variation de l'apprentissage orthographique en fonction du nombre d'expositions aux pseudo-mots. Nation et al. (2007) testent 42 enfants de 3<sup>ème</sup>

année et 4<sup>ème</sup> année en situation d'auto-apprentissage. Le nombre d'expositions des pseudo-mots variait entre 1, 2 ou 4 pour les deux tâches d'apprentissage. L'acquisition des connaissances orthographiques lexicales est mesurée par une tâche de choix orthographique. Les résultats montrent que les items sont plus souvent reconnus après 4 expositions qu'après 1 exposition, même si dans ce cas l'apprentissage existe. Les résultats obtenus par Bowey et Muller (2005) vont dans le même sens, avec un score d'auto-apprentissage plus important après 8 expositions qu'après seulement 4 expositions. Share (2004) constate cependant un apprentissage significatif dès la première exposition, chez les enfants de deuxième année. Nation et al. (2007) suggèrent que la transparence de la langue hébraïque pourrait expliquer le résultat de Share (2004). Dans une langue plus transparente, le nombre de lectures du mot nécessaire à sa mémorisation serait moindre.

#### ***.IV.3.1.2.2 L'effet du délai***

Certains auteurs ont voulu interroger le maintien à long terme de l'apprentissage orthographique après auto-apprentissage. Les résultats ne sont pas similaires dans toutes les études. Ainsi, ceux de Nation et al. (2007) et de Bowey et Muller (2005) indiquent que les pseudo-mots sont mieux reconnus après un délai court (respectivement 0 et 1 jour) qu'après un délai long (respectivement 6 et 7 jours). Toutefois, Share (2004), lui, trouve un maintien de la connaissance orthographique 30 jours après la situation d'auto-apprentissage. Cette dissemblance dans les résultats peut s'expliquer par des différences méthodologiques entre les études. En effet, l'apprentissage de l'orthographe est mesuré par une tâche de reconnaissance entre deux homophones dans l'étude de Share (expérience 1, 2004), alors que pour Nation, le choix doit se faire entre 4 items (1 homophone et 2 items orthographiquement similaires). De même, Share (2004) propose la dictée et le rappel phonologique de la cible avant la reconnaissance, contrairement à Nation et al. (2007). Le maintien de la connaissance orthographique dans le temps est tributaire de la situation d'encodage, l'hébreu est une langue plus transparente donc plus facile à mémoriser. Ce maintien est également tributaire de la situation de rappel. La succession des tâches facilitent ou pas la récupération en mémoire de l'item mémorisé lors de la phase d'apprentissage.

#### **.IV.3.1.2.3 Le rôle du contexte**

La question du rôle du contexte dans l'apprentissage orthographique a également été abordée. L'orthographe des mots nouveaux présentés isolément est-elle aussi bien mémorisée que celle des mots nouveaux présentés en contexte ? L'importance du contexte pour permettre un meilleur décodage était avancé par Share lors de l'élaboration de son hypothèse (1995, 1999). Cependant, peu d'études ont directement exploré cette hypothèse car la plupart des expériences utilisant le paradigme d'auto-apprentissage présentent les pseudo-mots uniquement en contexte (Cunningham et al. 2002 ; Share, 1999, 2004). Wang, Castles, Nickels, et Nation (2011) étudient l'effet du contexte dans l'apprentissage de l'orthographe et examinent si celui-ci varie en fonction la régularité des pseudo-mots. Ces auteurs proposent à des enfants de 2<sup>ème</sup> année de lire huit pseudo-mots réguliers et irréguliers inclus dans des textes ou présentés sous forme de listes. Les résultats de cette expérience, en accord avec ceux de Nation et al. (2007), ne révèlent pas d'effet significatif du contexte pour les pseudo-mots réguliers. Cependant, cet effet est significatif pour les pseudo-mots irréguliers. Il en résulte que l'effet du contexte est important lorsque les enfants ne maîtrisent pas suffisamment les correspondances phono-graphémiques et lorsqu'il s'agit de lire des mots irréguliers. Cet effet permet de renforcer les associations entre la phonologie, le sens et l'orthographe.

#### **.IV.3.1.2.4 L'âge d'apprentissage**

A partir de quel âge l'auto-apprentissage de l'orthographe peut-il être effectif ? Un consensus semble exister dans la littérature pour dire que l'auto-apprentissage des connaissances orthographiques lexicales est effectif dès la deuxième année de primaire et pendant toute la scolarité. Toutefois, ce consensus ne se retrouve pas lorsqu'on aborde le premier niveau scolaire (Share, 2008). En effet, si Cunningham (2006) révèle un apprentissage en orthographe effectif dès la première année de lecture (voir aussi Ehri & Wilce, 1980; Reitsma, 1983), Share (2004) et Share et Shalev (2004) ne confirment pas ces résultats. Pour eux cette différence des données peut s'interpréter par la transparence de la langue. En hébreu pointé, langue très transparente, les lecteurs peuvent décoder un mot par une stratégie de décodage lettre à lettre, alors que dans une langue plus opaque, comme l'anglais, la lecture oblige à une prise d'information portant sur plusieurs lettres, voire dans certains cas, le mot entier. Pour Share (2004), cette stratégie séquentielle ne favorise pas la mémorisation de la forme orthographique du mot.

#### **.IV.3.1.2.5 Lecture silencieuse ou pas**

Dans l'étude de Bowey et Muller (2005), la situation d'auto-apprentissage était une situation de lecture silencieuse. Ils montrent que l'apprentissage de l'orthographe est quand même effectif. Dans une tâche de reconnaissance parmi 3 homophones, les enfants de troisième année primaire reconnaissent plus l'item cible. De Jong & Share (2007) ont directement comparé l'apprentissage de l'orthographe dans deux conditions de lecture ; lecture orale versus lecture silencieuse. Utilisant un paradigme d'auto-apprentissage, dans lequel des élèves de troisième année de primaire lisent 3 textes contenant un pseudo-mot à voix haute et 3 autres textes silencieusement. Ils mesurent l'apprentissage de l'orthographe avec une tâche de reconnaissance (choix entre deux homophones), une tâche de dictée et une tâche de lecture (item cible et pseudo-mots homophones). Les résultats indiquent que quelle que soit la condition de lecture, silencieuse ou à voix haute, l'apprentissage de l'orthographe est identique. Il est toutefois intéressant de noter que cet apprentissage n'est pas plus fort dans la condition de lecture orale, comme attendu par De Jong et Share (2007), lorsqu'il est mesuré par les tâches de reconnaissance et de dictée.

**Pour résumer :** l'hypothèse d'auto-apprentissage (Jorm & Share, 1983 ; Share, 1995, 1999) suggère que les connaissances orthographiques lexicales sont acquises lors de la lecture. Cette hypothèse a été validée par de nombreuses études qui permettent d'apporter des précisions. Ainsi, l'auto-apprentissage par décodage correct des mots a été décrit dans plusieurs langues comme l'hébreu (Share, 1999, 2004), l'anglais (Cunningham, 2002 ; Kyte & Jonhson, 2006) et en néerlandais (De Jong, Bitter, Van Setten, & Marinus, 2009). Toutefois le nombre d'expositions nécessaires à l'acquisition des connaissances orthographiques semblent varier en fonction de la langue (Nation et al., 2007). L'auto-apprentissage est efficient de la 1<sup>ère</sup> année à la 5<sup>ème</sup> année (Cunningham, 2006 ; Share, 2004). Son effet est trouvé dans des situations de lecture à voix haute ou silencieuse (Bowey & Muller, 2005 ; De Jong & Share 2007 ; De Jong et al., 2009), avec des mots réels ou des pseudo-mots (Bowey & Miller, 2007 ; Cunningham, 2006 ; De Jong & Share, 2007 ; Kyte & Johnson, 2006 ; Nation et al., 2007), qu'ils soient lus en contexte ou de manière isolée (Nation et al., 2007 ; Share, 2004). Le maintien des connaissances orthographiques acquises par auto-apprentissage est

significatif après un délai de 1 mois (Share, 2004 ; pour une revue sur l'auto-apprentissage voir Share, 2008).

Bien que l'hypothèse d'auto-apprentissage, selon laquelle la lecture-décodage serait la condition sine qua non de l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales, il semblerait que le décodage ne soit pas le seul processus cognitif impliqué dans l'auto-apprentissage des connaissances orthographiques (Cunningham, 2002 ; Share, 1999, 2004 ; Nation et al., 2007). La partie suivante présente les données empiriques qui suggèrent que la lecture-décodage ne peut pas être le seul processus cognitif impliqué dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale.

#### **IV.3.2 INSUFFISANCE DE LA LECTURE-DECODAGE**

Il existe chez les normo-lecteurs une forte variabilité des compétences orthographiques pour un niveau de décodage équivalent. Des enfants peuvent avoir un niveau en décodage normal pour leur âge, mais avoir des compétences orthographiques relativement faibles (Castles & Coltheart, 1996). Le pattern inverse a également été décrit en anglais (Lovett, 1987), et en allemand (Wimmer & Mayringer, 2002), chez des enfants de 10 ans. A partir d'une étude sur une large population d'enfants scolarisés en cinquième année de primaire, (Fayol, Zorman, & Lété, 2009) établissent quatre profils de lecteur-scripteur dont les deux premiers sont attendus. Il s'agit d'enfants bons en lecture et bons en orthographe d'une part, et d'enfants faibles en lecture et faibles en orthographe d'autre part. Cependant, si ces deux premiers profils reflètent une bonne part de la population, les auteurs montrent également l'existence possible d'une dissociation entre les scores de lecture et d'orthographe chez ces enfants. En effet, certains d'entre eux lisent vite et bien mais ont cependant un niveau orthographique faible. D'autres sont des lecteurs lents mais bons orthographes. Cette dissociation suggère donc qu'il ne suffit pas d'être bon lecteur pour bien mémoriser l'orthographe lexicale.

Les cas de dyslexies et dysorthographies de surface mettent également en évidence une dissociation entre lecture-décodage et acquisition des connaissances orthographiques (Bosse, Valdois, & Tainturier, 2003 ; Bosse et al., 2007; Dubois et al., 2010; Valdois et al., 2011; Valdois et al., 2003). Une étude de cas récente (Bouvier-Chaverot, Peiffer, N'Guyen-Morel, & Valdois, 2012) d'un enfant dyslexique révèle que malgré de bonnes capacités



phonologiques permettant la lecture et l'écriture de pseudo-mots, cet enfant présente de faibles capacités en lecture-écriture de mots irréguliers.

Alors que plusieurs études d'auto-apprentissage ont trouvé une corrélation entre le score moyen de décodage des items cibles en phase d'apprentissage et le score moyen d'apprentissage orthographique (e.g., Cunningham et al., 2002 ; Kyte & Johnson, 2006 ; Nation et al., 2007 ; Share, 1999), il était important de vérifier si cette relation entre bon décodage et mémorisation de l'orthographe existait dans une analyse item par item, c'est-à-dire si les items bien lus étaient systématiquement les items mémorisés et les items mal lus systématiquement non mémorisés. Nation et al. (2007), dans une analyse par items, révèle qu'il existe une forte proportion d'items bien lus et non reconnus, mais également des items mal lus et bien reconnus. De plus, une analyse de régression révèle un pourcentage de variance expliqué par le décodage, une fois contrôlées la variabilité intra-item et la variabilité intra-participant (modèle mixte). Le développement des connaissances orthographiques semble donc ne pas être complètement tributaire des habiletés de décodage.

Puisque le niveau de décodage n'explique pas toute la variance en orthographe lexicale, il est probable que d'autres facteurs cognitifs soient impliqués dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale. Dans la partie suivante, nous verrons les différents travaux menés afin de chercher quel pourrait être le ou les autres facteurs cognitifs mis en jeu dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale.

### **IV.3.3 AUTRES FACTEURS COGNITIFS IMPLIQUES DANS L'ACQUISITION DES CONNAISSANCES ORTHOGRAPHIQUES LEXICALES**

#### **IV.3.3.1 Les connaissances orthographiques préalables**

Cunningham et al. (2002) ont tenté de déterminer quels autres facteurs que le décodage pouvait expliquer les performances d'auto-apprentissage d'enfants de 2<sup>ème</sup> année. Les analyses de régression multiples conduites par ces auteurs indiquent que ni les capacités de dénomination rapide, ni les habiletés cognitives générales n'expliquent une part de variance dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale, une fois le nombre de pseudo-mots correctement décodés pris en compte. Par contre, les connaissances orthographiques préalables, mesurées par une tâche de choix orthographique (e.g., choisir entre take et taik), prédisent 20 % de la variance en auto-apprentissage (Cunningham et al., 2002). Une autre

étude menée auprès d'élèves de première année confirme l'absence de relation entre l'auto-apprentissage et la dénomination rapide ou les habiletés cognitives générales. Comme dans l'étude précédente, les connaissances orthographiques préalables expliquent à nouveau une part significative de 11% de la variance en auto-apprentissage (Cunningham, 2006). Cependant, il faut remarquer que le score des connaissances orthographiques préalables inclut, dans cette étude, à la fois des tâches de choix orthographique portant sur de vrais mots (e.g., take-taik) et une tâche de choix entre deux pseudo-mots, évaluant plutôt la sensibilité aux fréquences grapho-tactiques (e.g., beff-ffeb). Or, une étude récente montre que ces deux types de tâches ne recouvrent pas exactement la même chose et ne sont d'ailleurs pas fortement corrélées entre elles (Conners, Loveall, Moore, Hume, & Maddox, 2011). Dans cette étude portant sur des enfants de deuxième et troisième année, une analyse de médiation montre que les connaissances orthographiques préalables sont un médiateur significatif du lien entre niveau de décodage et lecture de mots. Cette médiation est significative aussi bien quand les connaissances orthographiques portent sur de vrais mots que sur des fréquences grapho-tactiques. Les auteurs interprètent ce résultat comme une validation de l'hypothèse d'auto-apprentissage : le décodage permet l'acquisition de connaissances orthographiques, qui permettent une meilleure lecture des mots. Cette étude ne teste pas directement l'auto-apprentissage, mais celles qui le font (Cunningham et al., 2002 ; Cunningham, 2006) mettent en évidence un facteur complémentaire au décodage pour expliquer les capacités d'auto-apprentissage : le facteur « connaissances orthographiques préalables ». Cependant, la mise en évidence de ce facteur ne nous apprend pas grand-chose sur les mécanismes de l'auto-apprentissage. Elle montre simplement que les enfants qui acquièrent le plus de connaissances orthographiques par auto-apprentissage sont ceux qui en ont déjà acquis le plus au préalable.

#### **IV.3.3.2 Le facteur sémantique**

Un des facteurs impliqués dans l'acquisition des connaissances orthographiques pourrait être la compréhension (Perfetti, 2007; Perfetti & Hart, 2002). En effet, de bonnes capacités en lecture demandent d'avoir intégré les informations sur la forme phonologique, orthographique, grammaticale mais également des informations sur le sens du mot. Cette dimension sémantique a été intégrée dans le modèle connexionniste de Plaut et al. (1996). En accord avec cette hypothèse, l'effet du facteur sémantique a été clairement montré lorsqu'on demande aux adultes de lire à haute voix des mots inconsistants (MacKay, Davis,

Savage, & Castles, 2008) et le contexte est bien une aide pour les lecteurs débutants ou en difficultés (Archer & Bryant, 2001; Landi, Perfetti, Bolger, Dunlap, & Foorman, 2006). Cependant, l'impact de la dimension sémantique sur le processus d'auto-apprentissage n'a pas été démontré. En effet, l'orthographe des mots lus sans contexte ne sont pas moins bien mémorisés que ceux appris en contexte (Nation et al., 2007 ; Share, 2004, voir aussi Cunningham, 2006).

#### **IV.3.3.3 Le facteur visuo-orthographique**

Dans la plupart des modèles développementaux, le rôle central de la médiation phonologique est mis en avant. Cependant d'autres capacités de traitement, en particulier visuo-perceptives, pourraient intervenir dans l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales. C'est ce qu'avançaient déjà Snowling, Goulandris, & Stackhouse (1994) en suggérant l'existence d'un facteur visuel. Il semblerait qu'une représentation visuo-orthographique soit activée très rapidement à l'écoute d'un mot. Les auditeurs se serviraient de cette représentation pour identifier le mot écrit (Castles & Nation, 2006, 2008; Kwon et al., 2007; Salverda & Tanenhaus, 2010). La reconnaissance des mots reposerait aussi sur une dynamique visuo-phonologique dans laquelle les aspects visuels et phonologiques sont interconnectés (Van Orden, Pennington, & Stone, 1990).

Il existerait des connexions importantes entre l'utilisation d'informations visuelles et phonologiques dans l'apprentissage de l'orthographe (Lennox & Siegel, 1994, 1998). Dans le modèle développemental de Seymour et al. (1997), les processeurs phonologique et visuel fonctionnent en parallèle et en interaction, témoignant d'une contribution commune des facteurs visuo-perceptifs et phonologiques dans les acquisitions orthographiques. Le développement orthographique associerait nécessairement un versant visuel au versant phonologique. Une sensibilité aux patterns orthographiques, voire des capacités de traitement visuel-orthographique (Castles & Nation, 2008; Nation et al., 2007) pourraient expliquer une certaine variabilité dans l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales. C'est ce qu'avançait déjà Share (1999). Il spécifie que dans une situation d'auto-apprentissage, le traitement visuel-orthographique est à envisager comme un deuxième facteur, au-delà des capacités de décodage, impliqué dans les différences interindividuelles observées dans les capacités à acquérir des connaissances orthographiques lexicales. Share (2008) a mesuré la part de variance en auto-apprentissage, expliquée par différentes composantes cognitives. Il a comparé ces parts de variance expliquées selon le type

d'orthographe employé : une orthographe transparente (l'hébreu pointé, dans lequel tous les phonèmes sont écrits) versus une orthographe plus opaque (l'hébreu non pointé, dans lequel la plupart des phonèmes vocaliques ne sont pas représentés à l'écrit). Alors que les variables phonologiques (e.g., décodage, conscience phonologique) expliquent majoritairement la variance en auto-apprentissage en hébreu pointé, les variables qu'il qualifie de visuelles-orthographiques (e.g., choix orthographique, détection des frontières des mots, recherche visuelle de symboles du WISC III, mémoire visuelle à court terme) expliquent majoritairement la variance en hébreu non pointé. Si ces données rappellent l'impact des variables linguistiques sur le traitement du langage écrit, elles confirment surtout l'importance, au moins pour les orthographe complexes, de facteurs autres que le décodage dans l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales. Malheureusement, elles ne permettent toujours pas d'être plus précis sur ce que serait ce facteur visuo-orthographique, car Share (2008) inclut dans sa variable visuelle-orthographique, aussi bien les connaissances orthographiques préalables que la mémoire visuelle à court terme ou la vitesse de traitement. L'implication du traitement visuel dans l'acquisition des connaissances orthographiques est suggérée également par Martens (Martens & de Jong, 2006). Ils proposent à des enfants de lire des pseudo-mots présentés soit en casse minuscule soit en casse mixte (e.g., mixte vs. MiXtE). Cette condition de présentation oblige à traiter le mot lettre à lettre et de ce fait empêche d'effectuer un traitement visuel simultané de plusieurs lettres. Les résultats de cette étude révèlent que les pseudo-mots écrits en casse mixte sont moins reconnus que les pseudo-mots présentés dans une casse uniforme. Ces données sont en accord avec l'hypothèse de l'existence d'un traitement visuel simultané impliqué dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale (voir aussi Kwon et al., 2007 ; Nazir, Ben-Boutayab, Decoppet, Deutsch, & Frost, 2004), hypothèse issue de certains modèles de lecture (Ans et al., 1998).

**Pour résumer :** il existe un consensus dans la littérature scientifique sur le rôle primordial du traitement phonologique dans l'acquisition des connaissances orthographiques. Cependant, bon nombre de données empiriques révèlent que ce facteur cognitif n'est pas le seul impliqué et que le niveau de décodage des mots traités ne peut à lui seul expliquer toute la variabilité dans la mémorisation de l'orthographe lexicale. Le traitement visuo-orthographique est régulièrement évoqué comme un second facteur influant, sans toutefois

être très bien défini. Dans la partie suivante, l'hypothèse, issue du modèle de lecture MTM (Ans et al., 1998), selon laquelle le traitement visuel simultané serait un facteur déterminant de l'auto-apprentissage de l'orthographe lexicale, sera développée. Dans un premier temps, le traitement visuel simultané sera abordé avec plus de précisions. Après l'avoir défini, nous examinerons au travers de différentes études le lien possible entre traitement visuel simultané et connaissances orthographiques lexicales.

## **IV.4 LE TRAITEMENT VISUEL SIMULTANÉ**

### **IV.4.1 QU'EST-CE QUE LE TRAITEMENT VISUEL SIMULTANÉ ?**

Dans un système alphabétique, tel que le français ou l'anglais par exemple, l'identification des lettres est nécessaire pour lire les mots (Pelli, Farell, & Moore, 2003). Des auteurs avancent que l'encodage d'une suite de lettres peut être consécutif à un traitement sériel (Vidyasagar, 1999 ; Vidyasager & Pammer, 2010 ; Whitney, 2001). Selon Whitney (2001), le traitement visuel des mots est réalisé à l'aide de mécanismes sériels qui se feraient dans le sens de la lecture, c'est-à-dire de gauche à droite. Chaque lettre est activée une à une, avec un temps de traitement de 10 à 25 millisecondes. D'autres pensent que cet encodage relève d'un traitement parallèle (Ans et al., 1998 ; Dehaene et al., 2005 ; Grainger & Van Heuven's, 2003; Grainger & Ziegler, 2011 ; Tygdat & Grainger, 2009). Dans ce cas, l'information sur l'identité de toutes les lettres des mots est extraite en même temps. On parle de traitement visuel simultané. Récemment, Adelman, Marquis, & Sabatos-DeVito (2010), ont montré une supériorité du traitement parallèle par rapport au traitement sériel dans l'encodage d'une suite de lettres. Ils présentent brièvement (temps de présentation de 12 à 54 ms) des mots de 4 lettres que les participants adultes doivent lire. Ces derniers doivent ensuite choisir entre 2 items celui qu'ils viennent de lire. Les 2 items diffèrent par une seule lettre (e.g., *lung* vs *sung*). Les résultats révèlent que pour des temps de présentation inférieurs à 24 ms, les participants ne peuvent prélever d'informations sur aucune des lettres. Par contre à partir de 24 ms, les informations sont extraites sur l'ensemble des 4 lettres. Les auteurs interprètent ces résultats en disant que la représentation cognitive d'un mot n'est pas activée par une analyse par lettres, mais par un traitement simultané de l'ensemble des lettres. Ces données sont en accord avec le fonctionnement du modèle LCD (Figure 11) selon lequel le détecteur de combinaisons locales permet de traiter de façon parallèle des unités

de plus en plus larges et abstraites pour aboutir au traitement du mot dans sa globalité. Le traitement visuel simultané est aussi suggéré dans le modèle à double voie CDP++ (Figure 16). Si le point de départ de ce modèle est un traitement visuel lettre à lettre, les auteurs précisent que pour activer la représentation lexicale, ce traitement séquentiel doit évoluer en un traitement simultané de toutes les lettres.

Toutefois, le modèle connexionniste de lecture MTM (Ans et al., 1998) offre un cadre théorique plus pertinent pour mieux comprendre le rôle de ce traitement visuel simultané dans l'apprentissage. En effet, la particularité de ce modèle est l'existence d'une fenêtre visuo-attentionnelle de taille variable à travers laquelle l'information orthographique est extraite (Figure 17). Ce modèle postule que la création d'une trace-mot implique un traitement visuo-attentionnel portant sur l'ensemble des lettres du mot, couplé à un traitement phonologique. Cependant, en situation d'auto-apprentissage, l'enfant est confronté à des mots nouveaux qu'il devra lire par une procédure analytique, la fenêtre visuo-attentionnelle est réduite pour traiter séquentiellement chaque unité orthographique du mot et chaque unité phonologique correspondante. Ce mode de traitement séquentiel implique que les segments phonologiques produits soient maintenus en mémoire pour ensuite être assemblés. C'est ce qui semble se passer lorsque, face à un mot nouveau, l'enfant déchiffre et prononce chaque syllabe, pour finir par prononcer le mot en entier. Mais pour que la trace-mot soit créée, il faudrait que l'enfant modifie sa fenêtre visuo-attentionnelle pour pouvoir traiter, à un instant donné, toutes les lettres du mot ensemble, par un traitement visuel simultané.

Ce traitement visuel simultané implique plusieurs composantes cognitives. Sperling (1960), le premier, a étudié ce type de traitement à travers des épreuves de report de suites de lettres présentées brièvement. Dans ces épreuves, plusieurs éléments sont présentés simultanément pendant un temps très court et le sujet doit identifier le maximum d'éléments. Depuis, le paradigme des tâches de report des lettres a été repris et amélioré, et est fréquemment utilisé pour mesurer l'empan visuo-attentionnel (e.g., Bosse et al., 2007; Lassus-Sangosse, N'Guyen-Morel, & Valdois, 2008; Lobier, Zoubrinetzky, & Valdois, sous presse; Valdois, Lassus-Sangosse, & Lobier, sous presse). Plusieurs modèles ont été proposés pour décrire ce type de traitement visuel (e.g., Averbach & Sperling, 1968). Bundesen (1990, 1998) a élaboré et testé un modèle de l'attention visuelle qui rend compte de l'ensemble des résultats observés dans ce type d'épreuves. Selon ce modèle, les performances

observées dans une situation de traitement visuel simultané d'un ensemble de lettres, dépendent de plusieurs paramètres, principalement : la vitesse du traitement visuel, la capacité de stockage de la mémoire visuelle à court terme et la répartition de l'attention visuelle sur les différents éléments. La capacité de stockage de la mémoire visuelle à court terme est limitée. La vitesse de traitement visuel peut être affectée par la discriminabilité des différents éléments ainsi que par la qualité de leurs représentations en mémoire à long terme. La répartition de l'attention sur les différents éléments peut être uniforme ou pas. Une étude de Dubois et al. (2010), démontre qu'un échec du traitement visuel simultané observé chez un dyslexique, peut être sous-tendu par au moins deux types de déficit cognitif : une vitesse de traitement visuel particulièrement faible et/ou de faibles capacités de mémoire à court terme visuelle.

On a vu que les capacités maximales de traitement visuel simultané peuvent être estimées par l'empan visuo-attentionnel (EVA) défini par Bosse et al. (2007) comme la quantité d'éléments visuels distincts pouvant être traités simultanément au sein d'une configuration de plusieurs éléments. En lecture, il correspond à la quantité d'unités orthographiques (e.g., lettres ou graphèmes) pouvant être traitées en une seule prise d'information. Dans une étude récente, Lobier, Dubois et Valdois (soumis), ont vérifié que l'EVA est une mesure pertinente des capacités d'attention visuelle simultanée : deux paramètres du modèle de l'attention visuelle de Bundesen (1990) (vitesse de traitement et capacité de stockage à court terme) ont un lien avec l'EVA. D'autre part, ces auteurs explorent les interactions entre l'EVA, les capacités de l'attention visuelle et la vitesse de lecture chez des enfants tout-venants d'école élémentaire. Ils démontrent que le paramètre de la vitesse de traitement prédit la vitesse de lecture et que cet effet est sous-tendu par l'empan visuo-attentionnel.

#### **IV.4.2 ETUDES DU LIEN ENTRE TRAITEMENT VISUEL SIMULTANE ET CONNAISSANCES ORTHOGRAPHIQUES**

Le lien entre les connaissances orthographiques lexicales et le traitement visuel simultané a été exploré dans différentes recherches conduites auprès d'enfants normo-lecteurs et dyslexiques (Bosse et al., 2007; Bosse & Valdois, 2009; Valdois et al., 2011; Valdois & Bosse, soumis; Valdois et al., 2003; Valdois, Bosse, & Tainturier, 2004). Chez des enfants normo-lecteurs, Bosse et Valdois (2009) conduisent une étude auprès de 417 enfants scolarisés en 1<sup>ère</sup> année, 3<sup>ème</sup> année, et 5<sup>ème</sup> année. Elles posent l'hypothèse que l'acquisition de

connaissances lexicales orthographiques dépend de deux types de capacités cognitives indépendantes : 1°) des capacités de traitement phonologique conditionnant le décodage, en relation avec la procédure analytique, la théorie de l'auto-apprentissage de Share, et 2°) des capacités de traitement visuo-attentionnel conditionnant la formation de l'image mentale du mot entier, en relation avec la procédure globale et le traitement global du modèle MTM. Les différents résultats montrent que : 1°) le facteur visuo-attentionnel contribue à la performance en lecture indépendamment du facteur phonologique, et ce quel que soit le niveau scolaire, 2°) de la 1<sup>ère</sup> année à la 5<sup>ème</sup> année la variance en lecture expliquée par le facteur phonologique diminue alors que celle expliquée par le facteur visuo-attentionnel reste stable, 3°) le facteur phonologique intervient sur le score de lecture mais pas sur la vitesse qui est prédite par le facteur visuo-attentionnel, 4°) pour finir, en 5<sup>ème</sup> année, la performance en lecture de mots irréguliers est prédite par le facteur visuo-attentionnel. Donc, la capacité de traitement simultané d'un ensemble de lettres est particulièrement corrélée aux connaissances orthographiques et à la vitesse de lecture des enfants de la 1<sup>ère</sup> année à la 5<sup>ème</sup> année.

Dans une autre étude, Valdois et Bosse (soumis), examinent le rôle de la conscience phonologique et de l'EVA dans le développement des compétences orthographiques lexicales mesurées par des tâches de dictée chez des enfants de 1<sup>ère</sup> année, 3<sup>ème</sup> année et 5<sup>ème</sup> année. Les résultats révèlent une contribution indépendante des deux facteurs, conscience phonologique et EVA, dans la production orthographique de mots contenant un graphème complexe (e.g., faucon), et de mots irréguliers (e.g., monsieur). La contribution du facteur visuo-attentionnel apparaît stable à tous les niveaux scolaires et tend même à augmenter avec l'âge pour les mots irréguliers. Ces données suggèrent que l'EVA peut jouer un rôle dans l'auto-apprentissage des connaissances orthographiques lexicales.

Des études conduites chez des enfants dyslexiques examinent également le lien possible entre EVA et capacités de lecture. Par exemple, l'étude de Bosse et al. (2007) porte sur une population d'enfants dyslexiques appariés en âge chronologique et en âge lexique à des enfants normo-lecteurs. Elles les soumettent à une batterie d'épreuves incluant des épreuves de lecture, des épreuves métaphonologiques et visuo-attentionnelles. Les résultats montrent que les facteurs phonologique et visuo-attentionnel contribuent indépendamment à la performance des enfants dyslexiques. De plus, le facteur visuo-attentionnel est prédictif de la performance et de la vitesse de lecture des enfants dyslexiques. D'autres études



portant sur les enfants dyslexiques révèlent que le déficit de l'EVA peut être dissocié d'un déficit phonologique (Dubois et al., 2010 ; Valdois, 2008), d'un déficit de mémoire verbale à court terme (Lassus-Sangosse et al., 2008) et d'un déficit de déplacement attentionnel (Lallier, Donnadieu, & Valdois, 2010) ;

#### **IV.4.3 POUR CONCLURE**

Différentes études permettent de penser que le facteur visuo-orthographique, supputé par de nombreux chercheurs (Cunningham et al., 2002 ; Nation et al., 2007 ; Share, 1995, 1999), pourrait être évoqué en termes de traitement visuel et attentionnel simultané. Ce concept issu du modèle de lecture MTM (Ans et al., 1998) pourrait être défini comme la capacité à distribuer l'attention sur un ensemble de signes écrits afin de les traiter simultanément (Bosse et al., 2007). Ce traitement, effectué sur le mot lu, semble un facteur important pour la mémorisation de sa forme écrite. Toutefois, si différentes recherches mettent en évidence une relation entre traitement visuel simultané et acquisition des connaissances orthographiques lexicales, aussi bien chez des enfants dyslexiques que normo-lecteurs, elles ne démontrent pas l'existence d'un véritable lien causal entre traitement visuel simultané et mémorisation de la forme orthographique des mots. L'objet principal de cette thèse est d'explorer l'hypothèse d'un lien causal entre le traitement visuel simultané et l'apprentissage des connaissances orthographiques lexicales.



# CHAPITRE V

## PROBLEMATIQUE

Les recherches sur l'acquisition de l'orthographe lexicale sont peu nombreuses, et s'intéressent le plus souvent aux relations existant entre la lecture et l'écriture (Abott, Berninger, & Fayol, 2010; Fitzgerald & Shanahan, 2000). De ce fait, les différents facteurs cognitifs impliqués dans l'apprentissage des connaissances orthographiques sont encore largement méconnus. Certes, les données de la littérature démontrent que le facteur phonologique contribue pour une large part à cette acquisition lexicale. Cependant, il semblerait que les capacités de décodage ne soient pas le seul facteur impliqué. En effet, Share, (1995) propose, dès le début de son hypothèse sur l'auto-apprentissage, l'existence d'un facteur visuel. Rocher et Chanquoy (2004) argumentent l'existence d'un facteur visuel orthographique. Toutefois, malgré ces suggestions, ce facteur reste un concept flou et peu étudié. C'est pourquoi nous proposons dans ce travail de recherches de mieux comprendre ce que pourrait être ce facteur visuo-orthographique. Pour cela nous nous sommes appuyés sur le modèle MTM (Ans et al., 1998).

Dans la phase d'apprentissage de ce modèle, pour qu'une trace mot puisse être créée en mémoire épisodique, il faut que toutes les lettres du mot présenté au niveau de la couche orthographique soient traitées simultanément, et conjointement à la forme phonologique présentée au niveau de la couche phonologique. Pour que ce traitement visuel soit possible, il est nécessaire que la fenêtre visuo-attentionnelle porte sur le mot entier. Ce fonctionnement suggère qu'un traitement visuel simultané sur l'ensemble des lettres du mot est essentiel pour l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales. Une association entre le traitement visuel simultané et les performances en lecture a été démontrée aussi bien chez des enfants tout-venants (Bosse & Valdois, 2009) que chez des enfants dyslexiques (Bosse et al., 2007). L'hypothèse d'un rôle des capacités de traitement visuel simultané dans l'acquisition de l'orthographe lexicale est également soutenue par plusieurs études

corrélationnelles, pour exemple, Bosse et Valdois, (2009) pour la lecture de mots irréguliers et Valdois et Bosse (soumis) pour la dictée de mots réguliers, irréguliers.

Dans une première partie de cette thèse nous avons souhaité confirmer ce lien corrélational avec plus de précisions, telles que la vitesse de reconnaissance de mots mesurée dans une tâche de décision lexicale, la longueur du mot (Etude 1), ou encore vérifier que le lien entre traitement visuel simultané et connaissances orthographiques acquises était bien spécifique à l'orthographe lexicale et non pas étendu à d'autres orthographes, comme l'orthographe grammaticale (Etude 2). On s'attend à ce que l'empan visuo-attentionnel prédise une part significative de la variance observée en reconnaissance de mots et en production orthographique, indépendamment des mémoires verbales et visuo-spatiale.

La confirmation d'un lien causal entre lecture et traitement visuel simultané a été donnée au travers d'études longitudinales (Bosse & Valdois, 2008; Bosse, Valdois, & Dompnier, 2009) et d'études d'entraînement auprès d'enfants dyslexiques (Launay & Valdois, 2004). Afin de tester directement le lien causal entre traitement visuel simultané et, non plus connaissances orthographiques lexicales déjà acquises mais, acquisition de ces connaissances chez l'enfant tout-venant, nous proposons de manipuler expérimentalement ce traitement visuel simultané. L'objectif principal de notre travail de thèse est de tester si l'absence de traitement visuel simultané défavorise l'apprentissage de l'orthographe lexicale.

Le paradigme de recherche que nous développons dans la suite de la thèse (Etudes 3 à 10) repose sur une situation d'auto-apprentissage dans laquelle des pseudo-mots sont présentés sur un écran d'ordinateur. Dans certains cas, les items pourront être lus en condition simultanée (i.e., le pseudo-mot est vu en entier), dans d'autres cas, nous empêchons la possibilité d'effectuer ce traitement visuel global, c'est la condition séquentielle. Nous nous attendons à ce que l'apprentissage de l'orthographe soit meilleur dans la condition où le traitement visuel simultané de toutes les lettres du mot peut être effectué.

A travers diverses variations du paradigme, les différentes études expérimentales cherchent à mettre en évidence un lien causal entre le traitement visuel simultané et l'apprentissage de l'orthographe lexicale, en contrôlant tout ce qui peut varier entre les deux conditions et qui ne concerne pas directement la simultanéité du traitement visuel, comme l'exactitude et la vitesse de lecture, le temps de présentation des items à l'écran, le temps de traitement de

ces items. Nous étudierons l'impact du traitement visuel simultané dans l'apprentissage orthographique à tous les niveaux scolaires (Etudes 4 et 5) mais également à l'âge adulte (Etude 7). Si l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales est dépendante d'un traitement visuel simultané, alors on peut s'attendre à ce que l'effet de la condition de présentation simultanée sur l'apprentissage de l'orthographe soit indépendant de l'âge. Par les Etudes 3 et 6 le maintien dans le temps de l'effet du traitement visuel simultané dans l'acquisition des connaissances orthographiques est testé. Ces études permettent de comparer l'effet de la prise d'information visuelle simultanée à des délais différents. Nous ne nous attendons pas à une perte d'information avec le temps. En effet, nous postulons que l'effet du traitement visuel simultané effectué lors de l'encodage se maintienne dans le temps. Dans l'Etude 8 nous testons une variante du paradigme dans la condition de présentation séquentielle des pseudo-mots. En effet, lorsqu'un item est présenté dans la condition simultanée, nous ne pouvons pas affirmer que le traitement visuel est fait simultanément sur l'ensemble des lettres du mot. Par contre, nous savons que cette condition simultanée permet un traitement visuel simultané. Alors que dans la condition séquentielle nous sommes sûrs de le rendre impossible. Mais, est-ce qu'en gênant ce traitement visuel simultané nous n'introduisons pas une difficulté supplémentaire ? L'objectif de cette Etude 8 est de répondre à cette question.

Dans la condition séquentielle, la première partie du mot doit être maintenue en mémoire le temps de traiter la deuxième partie, puis un assemblage devra être effectué pour prononcer la forme phonologique de l'item lu. Ainsi, cette condition de présentation implique un travail en mémoire plus coûteux que dans la condition simultanée. De ce fait, est-ce que l'effet du traitement visuel simultané que l'on s'attend à observer sur l'apprentissage de l'orthographe est bien réel ? Est-ce que cet effet n'est pas du à un temps de traitement plus court dans la condition simultanée ? Dans les Etudes 9 et 10, le temps de présentation des items à l'écran est manipulé. Si l'apprentissage de l'orthographe lexicale est bien dépendant d'un traitement visuel simultané alors, le temps de présentation des pseudo-mots à l'écran n'impactera pas l'apprentissage.

Le lien entre l'EVA et les connaissances orthographiques lexicales a été mis en évidence dans différentes études (e.g., Bosse & Valdois, 2009). Dans les deux premières études de cette thèse nous testons si l'EVA explique une part de la variabilité en lecture, indépendamment des mémoires verbales et visuo-spatiale. Dans les études suivantes, on postule que le

traitement visuel simultané est impliqué dans les connaissances orthographiques lexicales. On pourrait donc s'attendre à ce que l'apprentissage de l'orthographe lexicale soient prédites par l'empan visuo-attentionnel.

Ainsi, notre travail de recherches a pour objectif de tester l'hypothèse de l'implication du traitement visuel simultané dans l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales.

# PARTIE EXPERIMENTALE





# CHAPITRE VI

## ETUDES CORRELATIONNELLES

Des études corrélationnelles ont déjà mis en évidence le lien entre l'empan visuo-attentionnel (EVA), mesuré par les épreuves de report global et partiel de lettres, et la lecture de mots chez l'enfant normo-lecteur (Bosse & Valdois, 2009) ou dyslexique (Bosse et al., 2007). Un lien particulier entre l'EVA et la dictée de mots inconsistants, persistant jusqu'en 5<sup>ème</sup> année d'école primaire, a également été décrit (Valdois & Bosse, soumis). Ces études ont toutes contrôlé que les relations entre épreuves de report de lettres et lecture ou orthographe, n'étaient pas sous-tendues par les capacités de traitement phonologique des participants ou leurs capacités de mémoire verbale à court terme. D'autres études auprès d'enfants dyslexiques souffrant d'un déficit de l'EVA ont également montré que ce déficit était indépendant d'un déficit du traitement phonologique (Dubois et al., 2010, Valdois et al., 2003), d'un déficit de mémoire verbale à court terme (Lassus-Sangosse et al., 2008) ou même d'un déficit du déplacement attentionnel (Lallier et al., 2010). De plus, des travaux récents (Lobier et al., in press) confirment que le déficit observé chez certains dyslexiques dans les épreuves de report de lettres est bien lié à un déficit de traitement visuel simultané et ne dépend pas d'un problème de traitement verbal.

Si l'EVA estimé par les épreuves de report de lettres rend bien compte d'un traitement visuel et non verbal, il n'en reste pas moins complexe et potentiellement dépendant de plusieurs composantes cognitives. En effet, selon la théorie de l'attention visuelle (Bundesen, 1990, 1998), le traitement parallèle d'une suite d'éléments dépend de plusieurs paramètres, principalement la vitesse du traitement visuel de chaque élément, la répartition de l'attention sur les différents éléments et la capacité maximum de stockage de la mémoire visuelle à court terme. Lobier, Dubois et Valdois (soumis) explorent les interactions entre l'EVA, les capacités de l'attention visuelle telles que définies par la théorie de l'attention visuelle et la vitesse de lecture chez des enfants tout-venants d'école élémentaire. Ils montrent que la vitesse de traitement visuel et la capacité de stockage de la mémoire

visuelle augmentent avec l'âge. Surtout, l'EVA est bien modulé par les paramètres de l'attention visuelle (capacité de stockage et vitesse de traitement visuel). Enfin, cette étude suggère que c'est la vitesse de traitement, et pas la capacité de stockage de la mémoire visuelle, qui module la vitesse de lecture.

Les études corrélationnelles présentées ici ont pour objectif de confirmer la relation entre le traitement visuel simultané estimé par l'EVA et les connaissances orthographiques lexicales. Les variables contrôlées dans ces études sont d'abord, comme dans les études précédentes (Bosse & Valdois, 2009, Valdois & Bosse, soumis), les variables verbales : âge de lecture et niveau de lecture-décodage, mémoire verbale à court terme et de travail. La principale nouveauté de ces études est l'introduction du contrôle des capacités de mémoire visuo-spatiale à court terme. On s'attend à observer un maintien du lien entre EVA et connaissances orthographiques lexicales après ce contrôle, ce qui suggèrera que c'est vraiment le traitement visuel simultané, et pas le maintien en mémoire visuelle de l'information traitée, qui joue un rôle dans l'acquisition de l'orthographe. Conformément à cette prédiction, Lobier et al. (soumis) montrent que la capacité de mémoire visuelle à court terme, telle que définie dans la théorie de l'attention visuelle (Bundesen, 1990) n'a pas d'influence sur la vitesse de lecture. Il est probable que notre mesure de mémoire visuo-spatiale ne corresponde pas exactement au concept de mémoire visuelle à court terme de la théorie de l'attention visuelle. Cependant, elle correspond au concept de calepin visuo-spatial considéré comme la mémoire visuelle à court terme dans le modèle de Baddeley (2012).

Les connaissances orthographiques lexicales sont généralement estimées, soit par des épreuves de reconnaissance, de jugement entre plusieurs orthographes, soit par des épreuves de production écrite de mots, soit par un score composite combinant les deux. Il semble évident que ces deux types d'épreuves ne recouvrent pas exactement les mêmes processus puisque la première est une épreuve de lecture. L'asymétrie de transparence entre la situation de lecture et celle de production écrite en français suggère qu'elles font forcément appel à des capacités différentes. Nous avons choisi de mener deux analyses, l'une sur une épreuve de jugement orthographique (Etude 1), l'autre sur une épreuve de production (Etude 2). L'épreuve de jugement orthographique permet d'estimer l'effet de longueur des mots, et de prendre en compte, en plus du score, le temps de réaction mis par les sujets pour donner leur réponse. On s'attend à ce que l'EVA prédise une part significative

de la variance observée dans le score de jugement orthographique, surtout sur les mots longs, et également dans le temps de réaction sur ces mots, et ce indépendamment des facteurs verbaux ou de mémoire visuo-spatiale.

L'épreuve de production orthographique est une dictée de phrases qui permet d'obtenir un score de production phonologiquement correcte, un score d'orthographe d'usage et un score d'orthographe grammaticale. Nous nous attendons à ce que l'EVA prédise les connaissances orthographiques lexicales mesurées par le score d'orthographe d'usage, indépendamment des facteurs verbaux ou de mémoire visuo-spatiale. De plus, cette relation avec l'EVA devrait être spécifique à l'orthographe d'usage et, donc, ne pas apparaître avec le score grammatical.



## VI.1 ETUDE 1.

### VI.1.1 POPULATION

Cent deux enfants ont été testés dans différentes écoles rurales et urbaines de l'Isère, du Gers et de la Corrèze. Soixante-dix sont scolarisés en 4<sup>ème</sup> année et 32 en 5<sup>ème</sup> année. Toutes les analyses seront conduites sur les 102 enfants indépendamment de leur niveau scolaire. En effet, l'objectif de cette étude est de tester l'existence d'une corrélation entre l'EVA et les connaissances orthographiques indépendamment des autres facteurs contrôlés, et non pas un effet du niveau scolaire, déjà étudié dans Valdois et Bosse (soumis). Cependant, l'âge réel des participants sera contrôlé dans les analyses. Les participants ont en moyenne 9 ans 10 mois ( $ET^3 = 7$  mois, étendue = 9 ans - 11 ans 6 mois). Ils présentent tous des capacités intellectuelles non verbales normales (percentile moyen = 50.20,  $ET = 13.32$ , étendue 10 - 95), leur âge lexique moyen est de 9 ans 9 mois ( $ET = 1$  an 1 mois, étendue 7 ans 7 mois - 12 ans 10 mois). Ils sont tous de langue maternelle française et ont une vision normale ou corrigée.

### VI.1.2 EPREUVES

La batterie d'évaluation comprenait l'Alouette, le test d'intelligence non verbale PM38, les épreuves de report global (RG) et partiel (RP) de lettres, une tâche de mémoire visuo-spatiale à court terme et de travail, l'empan de chiffres endroit et envers mesurant la mémoire verbale à court terme et de travail. Leurs connaissances orthographiques ont été évaluées avec la tâche de décision lexicale orthographique (DLO).

#### VI.1.2.1 Age lexique = Alouette

Le niveau de lecture a été évalué à l'aide du test de l'Alouette (Lefavrais, 1965). Il s'agit pour le sujet de lire à voix haute un texte de 265 mots en 3 minutes maximum. Ce texte comporte des mots peu familiers et ne véhicule que peu de sens, ne permettant pas au sujet de se référer au contexte pour lire un mot inconnu. L'Alouette permet d'estimer le niveau de lecture de l'enfant en proposant une équivalence en âge lexique. Pour cela, un score corrigé est calculé sur la base du nombre total de mots lus et du nombre d'erreurs produites. Ce score est alors reporté dans une table d'étalonnage permettant une estimation de l'âge de

---

<sup>3</sup> ET signifie écart-type

lecture, qui peut être ensuite comparé à l'âge chronologique de l'enfant. Il s'agit donc d'un bon indicateur des capacités de décodage et d'identification des mots écrits qui prend en compte à la fois la justesse et la vitesse de traitement. Bien qu'anciennes, les normes proposées par ce test semblent toujours correspondre au niveau des enfants d'aujourd'hui, (Zorman, communication personnelle). Une récente version révisée de ce test (Alouette-R, Lefavrais, 2005) propose un étalonnage classique (moyenne et écarts-types) pour chaque niveau scolaire et une analyse en terme de profils de lecteurs. Cependant, ces nouvelles normes ont été constituées sur un très petit nombre d'élèves par niveau scolaire. L'intérêt de ce test pour notre travail étant seulement de déterminer si le sujet a un retard en âge lexique, nous avons jugé préférable d'utiliser la version ancienne du test.

### **VI.1.2.2 Intelligence non verbale = PM38**

Les matrices progressives de Raven (Raven, Court, & Raven, 1998) mesurent l'aptitude intellectuelle générale (le facteur G), d'après la théorie de Spearman (1904). Ce test mesure la capacité de raisonnement non verbal, par analogie. On considère généralement que le raisonnement par analogie est l'un des plus simples et apparaît précocement au cours du développement. Dans le cas des matrices progressives (PM), chaque item est constitué d'un pattern avec une partie manquante. Six ou 8 images sont intégrées en dessous parmi lesquelles le sujet doit faire un choix pour compléter la partie manquante de manière adéquate. Les items sont groupés en ensembles. Chaque ensemble implique un principe de transformation différent et les items deviennent de plus en plus difficiles au sein d'un ensemble.

Nous avons utilisé la version PM38 de ce test (le chiffre référant à l'année de conception du test) en passations collectives par demi-classes. Cette version compte 60 items regroupés en 5 ensembles (A, B, C, D, E) de 12 items. Les élèves donnent leur réponse sur une grille récapitulative. Chaque bonne réponse est cotée 1 point. Le score brut maximum obtenu est de 60.

### **VI.1.2.3 L'empan visuo-attentionnel : report global et report partiel**

Les épreuves de report global et de report partiel (Figure 18) sont utilisées pour mesurer l'EVA, soit les capacités de traitement visuo-attentionnel simultané d'une séquence de plusieurs lettres. Ces tâches ont été décrites dans plusieurs études publiées antérieurement

(Bosse et al., 2007 ; Bosse & Valdois, 2009 ; Dubois, Lafaye de Micheaux, Noël, & Valdois, 2007 ; Lobier et al., sous presse, Valdois et al., 2003 ; Prado, Dubois, & Valdois, 2007 ; Lassus-Sangosse et al., 2008).

#### **.VI.1.2.3.1 Stimuli**

Des séries de 5 lettres ont été construites à partir de 10 consonnes (B, P, T, F, L, M, D, S, R, H). Chaque lettre apparaît 10 fois, 2 fois pour chaque position, sans qu'aucune ne soit présentée deux fois à la suite, ni que 2 lettres consécutives puissent être assimilées à un graphème (i.e., PH). Les lettres sont en majuscules noires de police Arial, hautes de 7 mm, larges de 5 mm et occupant un angle 5.4 degrés. Elles sont présentées sur un fond blanc. Afin d'empêcher des activations lexicales spécifiques (Grainger, Bouttevin, Truc, Bastien, & Ziegler, 2003), aucune des séquences présentées ne rappelle le squelette d'un mot (telle que la séquence JRDN, squelette consonantique du mot «jardin»). Afin d'éviter les phénomènes de masquage latéral (Pelli, Palomares, & Majaj, 2004), la distance centre à centre entre deux lettres consécutives est de 1 cm. Dans la tâche de report global, 20 suites de cinq lettres sont proposées. Dans la tâche de report partiel, cinquante séquences de cinq lettres sont présentées. Chaque lettre apparaît vingt-cinq fois, 5 fois par position.

#### **.VI.1.2.3.2 Procédure**

Un point de fixation est présenté au début de chaque essai pendant 1000 ms, suivi par un écran blanc de 50 ms. Une séquence de cinq lettres, centrée sur le point de fixation, est ensuite présentée pendant 200 ms. Dans la tâche de report global, les participants doivent dénommer toutes les lettres immédiatement après leur disparition. Aucune consigne de vitesse n'est donnée, et les enfants peuvent rappeler les lettres dans n'importe quel ordre. Dans la tâche de report partiel, lorsque la séquence de lettres disparaît, un indice (une barre verticale) indiquant la lettre à rappeler est présentée pendant 50 ms, sous la lettre cible. Chaque lettre est utilisée comme cible une fois par position. Les participants doivent rappeler uniquement la lettre indiquée. Dans les deux tâches, les réponses du sujet sont entrées par l'expérimentateur sur le clavier et enregistrées après chaque essai. L'essai suivant est lancé manuellement par l'expérimentateur. Dix items d'entraînement, pour lesquels les participants reçoivent un feedback, sont donnés au sujet avant la phase test.

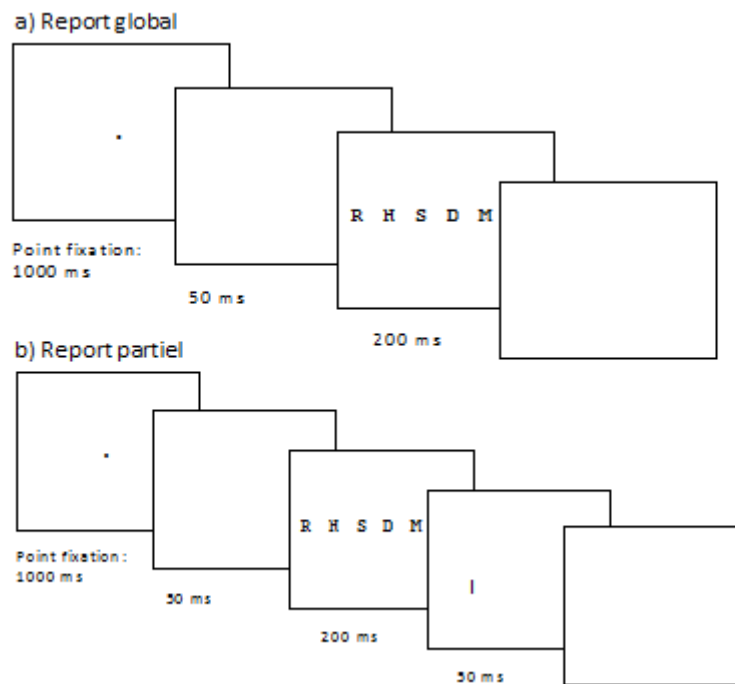


Figure 18. Epreuves de report global (a) et partiel(b) de 5 lettres.

Pour la tâche de report global (RG), deux scores sont relevés ; le premier (RG100) correspond au nombre total de lettres correctement reportées parmi les 20 essais (Max = 100), le second (RG20) correspond au nombre de suites correctement rappelées (Max = 20). Sur la tâche de report partiel (RP), le score correspond au nombre total de lettres indicées correctement reportées parmi les 50 essais (Max = 50). Le score composite visuo-attentionnel correspond au pourcentage moyen de réussite sur l'ensemble des scores ;

$$EVA = (RG(100) + RG(20)*5 + RP *2)/3*100.$$

#### VI.1.2.4 Mémoire verbale à court terme et de travail

La conception, à l'origine unitaire (Baddeley & Hitch, 1974), de la mémoire de travail, a évolué en un système complexe mettant en jeu essentiellement trois composantes : une boucle phonologique, un calepin visuo-spatial et un centre de contrôle exécutif (voir Baddeley, 2012, pour une revue sur l'évolution du modèle). Les capacités de stockage de la boucle phonologique (ou mémoire à court terme verbale) sont classiquement mesurées par la tâche d'empan de chiffres endroit. La tâche d'empan de chiffres envers est plutôt considérée comme une mesure de la capacité de mémoire de travail verbale impliquant non



seulement la boucle phonologique mais aussi le contrôle exécutif. Les épreuves utilisées ici sont celles du subtest « Mémoire de chiffres » du WISC IV (Weschler, 2005).

#### **.VI.1.2.4.1 *Empan endroit***

Le sujet doit répéter une suite de chiffres énoncée oralement par l'expérimentateur. Le test comporte sept groupes de trois suites de chiffres. Les trois suites du premier groupe comportent deux chiffres ; dans chacun des groupes suivants, les suites auront un chiffre de plus que dans le groupe précédent jusqu'à trois suites de huit chiffres pour le groupe 7. Chaque suite de chiffres répétée dans l'ordre, sans ajout ni oubli sera notée 1 point. L'expérimentateur met fin au test dès que les trois suites de chiffres d'un même groupe ont été échouées. Le score est obtenu par total des points.

#### **.VI.1.2.4.2 *Empan envers***

Le sujet participant au test doit répéter en ordre inverse une suite de chiffres énoncée oralement par l'expérimentateur. Le test comporte cinq groupes de trois suites de chiffres. Les trois suites du premier groupe comportent deux chiffres ; dans chacun des groupes suivants, les suites auront un chiffre de plus que dans le groupe précédent jusqu'à trois suites de six chiffres pour le groupe 5. Chaque suite de chiffres répétée correctement en ordre inverse, sans ajout ni oubli sera notée 1 point. L'expérimentateur met fin au test dès que les trois suites de chiffres d'un même groupe ont été échouées. Le score est obtenu par total des points.

#### **VI.1.2.5 Mémoire visuo-spatiale à court terme et de travail**

Le calepin visuo-spatial a été beaucoup moins étudié que la boucle phonologique (Baddeley, 2012). La tâche des blocs de Corsi (Corsi, 1972) est une épreuve classiquement utilisée en neuropsychologie pour évaluer les capacités du calepin visuo-spatial. Lecerf et Roulin (Lecerf, Ghisletta, & Jouffray, 2004; Lecerf & Roulin, 2006) ont proposé une adaptation informatisée de la tâche des blocs de Corsi, en différenciant la mesure de la mémoire visuelle à court terme de celle de la mémoire de travail visuo-spatiale. Par la tâche d'empan de localisation, ces auteurs quantifient la capacité de la mémoire visuo-spatiale à court terme. La tâche d'empan de direction mesure les capacités de la mémoire de travail visuo-

spatiale. Ces deux tâches, construites par leurs auteurs pour un public adulte, ont été simplifiées pour être adaptées aux enfants.

#### **.VI.1.2.5.1 Stimuli**

Chaque item est constitué d'une matrice de 5x5 cases (24x16 cm), dans laquelle apparaissent puis disparaissent successivement des flèches directionnelles (Figure 19).

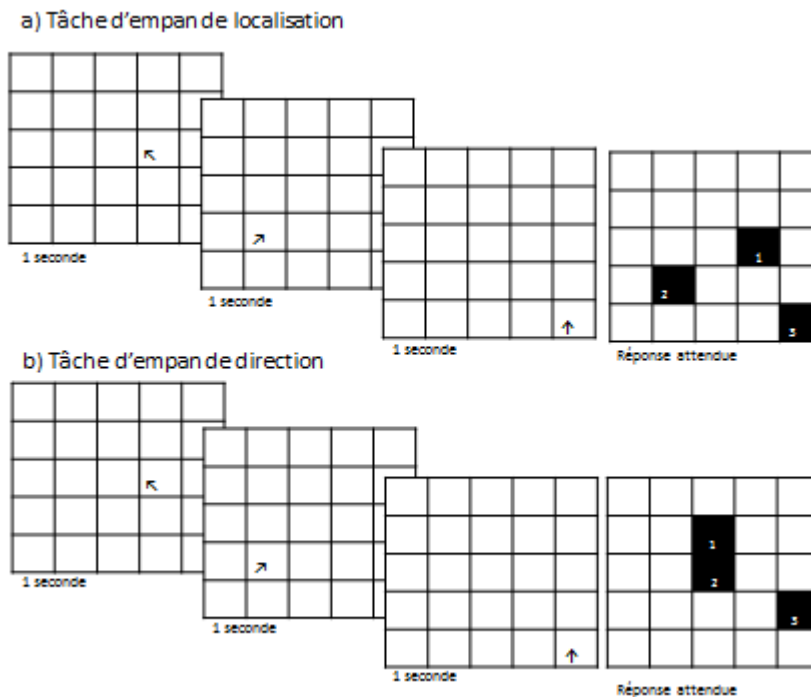


Figure 19. Tâches de mémoire visuo-spatiale, exemple avec un item de 3 flèches, inspiré de Lecerf et Roulin (2004).

Chaque flèche apparaît pendant une seconde puis disparaît alors que la suivante apparaît. La tâche de l'enfant est de rappeler, dans l'ordre d'apparition, soit les cases qui contenaient les flèches (empan de localisation), soit les cases qui étaient désignées par les flèches (empan de direction). Le nombre de flèches à mémoriser augmente progressivement, l'enfant est d'abord soumis à 3 items contenant 1 flèche, puis 3 contenant 2 flèches, jusqu'à 4 flèches successives, soit 12 items au total. Les flèches peuvent avoir 8 orientations différentes. Elles apparaissent chacune dans une cellule différente de la matrice.

#### **.VI.1.2.5.2 Déroulement**

La passation est individuelle. Les enfants sont assis à 60 cm d'un écran d'ordinateur. Les consignes apparaissent à l'écran et sont expliquées si besoin par l'expérimentateur. Un item

d'essai avec une flèche permet de s'assurer de la compréhension de la consigne. Ensuite les 12 items se succèdent. Pour chaque item, la matrice apparaît, puis chaque flèche apparaît successivement pendant 1 seconde. A la disparition de la dernière flèche de l'item, après 3 secondes de délai durant lesquelles la matrice reste vide, un bip sonore retentit. Le sujet peut alors donner sa réponse. Pour cela il doit montrer avec son doigt la case (items de 1 flèche) ou les cases (items de 2 à 4 flèches) correspondant à la consigne de l'épreuve : les cases où les flèches sont apparues dans la tâche d'empan de localisation, les cases indiquées par les flèches dans la tâche d'empan de direction. Le score correspond au nombre de cases correctement désignées. Le maximum est de 30 points par épreuve.

#### VI.1.2.6 Décision Lexicale Orthographique (DLO)

Cette épreuve permet de tester les connaissances orthographiques préalables des élèves par une tâche de reconnaissance, informatisée et en passation individuelle. Elle permet de mesurer l'effet de la longueur des mots sur cette reconnaissance.

##### .VI.1.2.6.1 Construction de l'épreuve et choix des mots :

Dans un premier temps, 36 mots longs (entre 7 et 12 lettres, 2 à 4 syllabes) ainsi que 36 mots courts (entre 3 et 5 lettres, 1 ou 2 syllabes) ont été choisis. Pour la moitié d'entre eux, l'orthographe a été modifiée afin d'obtenir 18 pseudo-mots homophones courts et 18 pseudo-mots homophones longs. Les 36 pseudo-mots homophones sont construits a minima par substitution d'un graphème par le graphème homophone d'un autre mot présent dans l'épreuve (e.g., en substituant dans *tempête*, le graphème *ête* par le graphème *ette* présent dans le mot *lunette*, on obtient le pseudo-mot homophone *tempette*). La décision lexicale orthographique ne pourra donc pas se faire sur la présence d'un graphème particulièrement fréquent ou particulièrement rare.

Les mots sont de fréquence moyenne ( $U^4$  moyen = 48.2 pour les mots longs et 43.4 pour les mots courts) et équivalente quelle que soit leur catégorie (court ou long, mot-cible ou homophone de pseudo-mot, ( $F(1,17) < 1$ , *ns*). Les mots courts sont significativement plus courts que les mots longs en terme de nombre de lettres ( $F(1,17) = 288.5$ ,  $p < .001$ ) et en terme de nombre de syllabes ( $F(1,17) = 137.47$ ,  $p < .001$ ).

Huit mots contrôles, 4 courts et 4 longs, de très haute fréquence ( $U$  = entre 400 et 945) sont également insérés dans l'épreuve. Ils seront normalement facilement reconnus. Huit

---

<sup>4</sup> U Manulex : fréquence du mot par millions de mots

pseudo-mots contrôles ont été également ajoutés. Ils ne sont pas homophones de mots existants, ils ne doivent normalement pas être pris pour des mots. La présence de mots et pseudo-mots contrôles permet de s'assurer que les enfants ne répondent pas au hasard. Un enfant qui aura fait plus de 60 % d'erreurs sur les mots et pseudo-mots contrôles sera soupçonné d'avoir répondu au hasard et ses réponses ne seront pas analysées. La liste des 88 items est mise en Annexe 1.

#### **.VI.1.2.6.2 Déroulement de l'épreuve :**

Après une phase d'entraînement pendant laquelle 6 mots exemples faciles (vélu, nuage, maison, prendre, jardin, chien) sont proposés à l'enfant avec un feed-back informatisé de bonne ou mauvaise réponse, les 88 mots sont présentés successivement, après un point de fixation de 200 millisecondes : chaque mot est écrit en lettres majuscules (Arial, 7mm, centré) et reste à l'écran tant que le sujet n'a pas enregistré sa réponse en pressant une touche du clavier.

Au début de l'épreuve, l'enfant doit poser l'index de la main gauche sur la touche 1 et l'index de la main droite sur la touche 3 du clavier numérique, les deux poignets reposent sur la table. La consigne donnée à l'enfant est la suivante : « *Un mot apparaît à l'écran : si ce mot existe et est bien orthographié (i.e., MAISON), tu appuies sur la touche 1 ; dans tous les autres cas, tu appuies sur la touche 3.* » Les mesures prises sont le nombre total de bonnes réponses (score global sur 72), le nombre de mots justes reconnus (18 courts et 18 longs) et les temps de réaction moyens des bonnes réponses sur les mots justes courts et longs. Le score global comptabilise les mots justes reconnus et les erreurs orthographiques détectées. Or, on peut penser que le traitement cognitif impliqué dans la reconnaissance d'un mot existant et bien orthographié n'est pas semblable à celui impliqué dans la détection d'une erreur. C'est pourquoi on distinguera les scores de reconnaissance des mots justes, courts (/18) et longs (/18), et les scores de détection d'erreurs sur les pseudo-mots courts et longs.

#### **.VI.1.2.6.3 Procédure**

Sauf pour le PM38 passé collectivement par demi-classes, les sujets ont été vus individuellement dans une pièce de leur école. Les épreuves sont passées dans un ordre fixe : Alouette, DLO, empan de chiffres endroit et envers, empan de direction, report global, report partiel et empan de localisation. Il est également proposé aux sujets d'autres

épreuves qui ne sont pas exploitées dans cette étude. L'ensemble des tâches se déroule en une seule session n'excédant pas une heure de passation.

### VI.1.3 RÉSULTATS

Les analyses sont faites après avoir vérifié que les distributions suivent bien une loi normale et après transformation dans le cas contraire (transformation log pour les temps de réaction en DLO). Les scores aberrants sont écartés de l'analyse (3 participants ont été écartés en raison de leur score aberrant en mémoire visuelle à court terme). Aucun participant n'a été éliminé en raison d'un score inférieur à 60% aux items contrôles de l'épreuve DLO.

#### VI.1.3.1 Analyses descriptives

Le Tableau 2 décrit les résultats des 99 sujets retenus aux différentes épreuves. On remarque que les scores de mémoire verbale présentent une faible variabilité. Le score moyen d'empan de localisation est proche du score maximum de 30.

**Tableau 2. Etude 1, résultats des 99 sujets retenus (EVA = empan visuo-attentionnel ; DLO = décision lexicale orthographique ; MC = mots courts ; ML = mots longs ; PMC = pseudo-mots courts ; PML = pseudo-mots longs)**

	Moyenne	Ecart-Type	Etendue
Age réel (mois)	118.85	6	108 - 138
Age lexique (mois)	116.97	13.48	91 - 154
PM38 (percentile)	50.71	27.69	10 - 95
EVA	60.15	15.82	22.5 - 95
<b>Mémoire verbale (scores)</b>			
Empan Endroit	7.67	1.39	5 - 12
Empan Envers	6.13	1.18	4 - 9
<b>Mémoire visuelle (scores)</b>			
Empan de direction	22.16	3.96	11 - 29
Empan de localisation	27.86	2.33	20 - 30
<b>DLO</b>			
Score global (/72)	54.92	6.55	40 - 69
Score MC (/18)	15.48	1.81	11 - 18
Score ML (/18)	16.18	1.72	11 - 18
Détection PMC (/18)	13.01	2.97	4 - 18
Détection PML (/18)	10.24	3.23	3 - 18
Temps MC (ms)	1896	461	1127-3628
Temps ML (ms)	2253	601	1103-4157

Dans l'épreuve de décision lexicale orthographique, le score global moyen est de 54.92 (E-T : 6.55), soit 76 % de bonnes réponses. Il est significativement différent du hasard ( $\chi^2 = 11.90$ ,  $p < .001$ ). Les sujets possèdent de bonnes connaissances orthographiques lexicales, 88 % des mots justes présentés sont bien reconnus ( $\chi^2 = 20.77$ ,  $p < .0001$ ). L'effet de lexicalité est important, puisque les réponses de détection d'erreurs sur les pseudo-mots ne diffèrent pas du hasard ( $\chi^2 = 3.49$ , *n.s.*). Les scores de reconnaissance sont significativement supérieurs aux scores de détection d'erreurs ( $F(1,98) = 197.04$ ,  $p < .0001$ ). Ces résultats confirment que le traitement cognitif est différent selon l'item à traiter. De ce fait, les résultats sur les pseudo-mots ne seront pas pris en compte dans la suite des analyses.

L'effet de longueur en reconnaissance de mots s'avère significatif sur les scores, les mots longs sont mieux reconnus que les mots courts ( $F(1,98) = 11.93$ ,  $p < .001$ ).

L'analyse des temps de réaction sur les reconnaissances de mots a d'abord nécessité l'élimination des quelques temps aberrants (moins de 1 % des temps éliminés car inférieurs à 150 ms ou supérieurs à 5000 ms) ou supérieurs de plus de 2 écarts-types de la moyenne (2.6 %). Enfin, une transformation logarithmique a été effectuée pour que la distribution des temps suive une loi normale (Howell, 2007; Ratcliff, 1993).

Un effet de longueur apparaît à l'analyse des temps de réaction ( $t(98) = -8.94$ ,  $p < .0001$ ). En effet, il s'avère que les sujets mettent plus de temps pour reconnaître un mot long qu'un mot court.

### VI.1.3.2 Corrélations

Le Tableau 3 présente les corrélations entre les différentes épreuves effectuées. L'empan visuo-attentionnel corrèle significativement avec l'âge de lecture et avec la mémoire de travail visuo-spatiale. Le PM38 corrèle aussi avec la mémoire de travail visuo-spatiale. Les corrélations entre les scores dans l'épreuve DLO et les autres épreuves sont globalement très faibles, les seules à dépasser le seuil de significativité après correction de Bonferroni étant celles avec l'âge de lecture. La mémoire à court terme verbale ne présente que des corrélations très faibles et la mémoire à court terme visuo-spatiale ne corrèle significativement qu'avec la mémoire de travail visuo-spatiale. De ce fait, les mémoires à court terme, verbale et visuo-spatiale, ne seront pas prises en compte dans les analyses de régression suivantes.

**Tableau 3. Etude 1, corrélations entre les différentes épreuves (AR = âge réel, AL = âge lexique, EVA = empan visuo-attentionnel, DLO = décision lexicale orthographique, MC = mots courts, ML = mots longs)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. AR											
2. AL	.35										
3. PM38	.04	.1									
4. EVA	.31	.44***	.2								
<b>Mémoire verbale : empan</b>											
5. Endroit	.06	.09	.04	.11							
6. Envers	.23	.35	.13	.21	.16						
<b>Mémoire visuo-spatiale : empan de</b>											
7. Direction	.24	.11	.45***	.42**	.09	.12					
8. Localisation	.06	.01	.06	.05	.17	.27	.37*				
<b>DLO</b>											
9. MC	.15	.34	.04	.2	.04	.26	.14	.22			
10. ML	.09	.15	.01	.25	.03	.05	.06	.08	.35		
11. Temps MC	-.18	-.31	-.22	-.02	.03	-.08	-.17	.06	-.14	-.18	
12. Temps ML	-.17	-.36*	-.2	-.08	-.04	-.13	-.12	.13	-.17	-.06	.78***

Note : Significativité après correction de Bonferroni : ; \*= $p < .0003$ , \*\*= $p < .0001$ , \*\*\*= $p < .00001$

### VI.1.3.3 Analyse de régression multiple

Au vu de ces résultats, une première analyse de régression a été faite pour confirmer l'implication de l'empan visuo-attentionnel dans le niveau de lecture. Les variables contrôles entrées dans l'équation sont l'âge des participants, les scores au PM38, en mémoire de travail verbale et visuo-spatiale. L'EVA a été introduit en dernier dans l'équation. Les résultats de cette analyse sont significatifs ( $F(5,93) = 8.51$ ,  $p < .0001$ ) et présentés dans le Tableau 4. Ils révèlent d'abord que l'âge réel est fortement corrélé à l'âge lexique, ce qui est attendu puisque les participants sont issus de classes de niveau scolaire différent. La mémoire de travail verbale explique à elle seule 7.2% de la variance en lecture. Enfin, les résultats confirment que l'EVA prédit une part significative de la variance observée dans l'âge lexique (11% de variance expliquée), et ce indépendamment de tous les autres facteurs.

**Tableau 4. Etude 1, Résultats de l'analyse de régression conduite sur l'âge lexique**

		R <sup>2</sup> ajouté
1	Age réel	.125***
2	PM38	.007
3	Mémoire de travail Visuelle	.000
4	Mémoire de travail verbale	.072**
5	EVA	.109***
Total R <sup>2</sup>		.314***

Note : \*\* =  $p < .01$ , \*\*\* =  $p < .001$

Bien que les corrélations ne révèlent pas de lien fort entre la DLO et les autres épreuves, une série d'analyses de régression a été réalisée sur les différentes mesures de DLO, en entrant dans l'équation les mêmes variables que dans l'analyse précédente, plus l'âge de lecture. Les résultats de ces analyses sont présentés dans le Tableau 5. Les équations expliquent une part significative de la variance, sauf pour le score mots longs. L'âge de lecture explique une part significative du score mots courts et des vitesses de DLO. Après la prise en compte de l'ensemble des autres facteurs, l'EVA explique une part significative de variance de la vitesse de reconnaissance des mots courts uniquement (4.7 %).

**Tableau 5. Etude 1, Résultats (R<sup>2</sup> ajoutés) des analyses de régression conduites sur les mesures prises en décision lexicale orthographique (EVA = empan visuo-attentionnel)**

		Mots courts		Mots longs	
		Score	Temps	Score	Temps
1	Contrôles (âge réel + PM38)	.023	.078	.008	.064*
2	Age lexique	.091**	.062*	.017	.093**
3	Mémoire de travail visuelle	.014	.002	.003	.000
4	Mémoire de travail verbale	.020	.004	.000	.000
5	EVA	.000	.047*	.038	.017
Total R <sup>2</sup>		.148*	.193**	.066	.174**

Note : \* =  $p < .05$ , \*\* =  $p < .01$ , \*\*\* =  $p < .001$



#### VI.1.4 DISCUSSION

La première analyse de régression a confirmé que l'EVA explique une part de la variabilité en lecture chez les enfants de cycle 3 (Bosse & Valdois, 2009), même après contrôle des capacités de mémoire de travail verbale et visuo-spatiale. Ce résultat suggère que la capacité de stockage en mémoire visuo-spatiale n'est pas impliquée dans le lien entre EVA et lecture. La seconde analyse s'intéressait à la tâche de décision lexicale orthographique, créée pour cette étude afin d'obtenir deux types d'indices des connaissances orthographiques lexicales ; le nombre de réponses correctes et la vitesse de reconnaissance. Notre hypothèse était que les capacités visuo-attentionnelles, mesurées par les tâches de report global et partiel, prédiraient une part significative de la variance des mesures des connaissances orthographiques lexicales, même après contrôle du niveau de lecture, de la mémoire de travail verbale et visuo-spatiale. Cette hypothèse est vérifiée uniquement sur la vitesse de reconnaissance des mots courts. Ce résultat, difficile à interpréter, contredit l'idée que le lien entre EVA et connaissance orthographique lexicale serait d'autant plus fort que les mots à reconnaître seraient longs. Malgré le soin apporté à la construction de cette épreuve, il est possible que certaines caractéristiques de l'épreuve DLO soient à l'origine de ce résultat, par exemple le nombre de voisins phonologiques et orthographiques des items cibles. Les mots courts ont généralement plus de voisins que les mots longs. Il est probable aussi qu'une épreuve de reconnaissance orthographique ne soit pas le meilleur moyen d'estimer les connaissances orthographiques des participants. En effet, par exemple, une reconnaissance peut s'effectuer sur des indices partiels. Nous avons donc conduit une autre analyse utilisant cette fois une épreuve de dictée pour évaluer les connaissances orthographiques lexicales des participants en production écrite.



## VI.2 ETUDE 2.

L'Etude 1 recherchait un lien entre les connaissances orthographiques lexicales, mesurées par une tâche de lecture (la décision lexicale orthographique), et l'empan visuo-attentionnel indépendamment de la mémoire de travail visuo-spatiale et de la mémoire verbale. L'Etude 2 recherche le même type de lien, mais ici les connaissances orthographiques lexicales sont mesurées par une tâche de production écrite sous dictée (dictée « Le Corbeau » issue de la batterie de tests (Chevrié-Muller, Maillart, Simon, & Fournier, 1997). Cette tâche permet d'obtenir 3 scores différents : un score sur l'orthographe d'usage, un score sur l'orthographe grammaticale et un score sur la production orthographique phonologiquement correcte. L'hypothèse est que le score obtenu en dictée d'usage corrèlera significativement avec l'EVA, indépendamment de la mémoire de travail visuo-spatiale et de la mémoire verbale. Il n'est pas attendu de significativité ni sur la production phonologique, plus dépendante des connaissances phono-graphémiques, ni sur le score grammatical, plus dépendant de l'application de règles.

### VI.2.1 POPULATION

Deux cents enfants ont été testés dans différentes écoles rurales et urbaines de l'Isère, du Gers et de la Corrèze. Ils sont tous scolarisés en 5<sup>ème</sup> année. Ils ont en moyenne au moment du test 10 ans 5 mois (ET = 4 mois, étendue 9 ans 10 mois - 10 ans 5 mois). Ils présentent tous des capacités intellectuelles non verbales normales (percentile moyen = 49.58, ET = 25.11, étendue 10 - 95), leur âge lexique moyen est de 10 ans 9 mois (ET = 1 an 6 mois, étendue 7 ans 10 mois – 14 ans 3 mois). On peut noter que les enfants ont en moyenne un âge lexique légèrement supérieur à leur âge chronologique ( $t(199) = -2.69$ ,  $p < .01$ ). Ils sont tous de langue maternelle française et ont une vision normale ou corrigée.

### VI.2.2 EPREUVES

Certaines épreuves contrôles de l'Etude 1 n'ont pas été reconduites dans l'Etude 2, afin d'alléger le temps de passation et de ne conserver que les épreuves les plus pertinentes. Il s'agit de l'empan de localisation, mesurant la mémoire visuo-spatiale à court terme, dont les scores plafonnaient et qui ne présentait aucune corrélation significative dans l'Etude 1, et de la mémoire à court terme verbale, pour les mêmes raisons. Enfin, seul le report global de

lettres sera repris ici pour estimer l'empan visuo-attentionnel. La batterie de tests comprend donc une évaluation de l'âge de lecture (l'Alouette, Lefavrais, 1965), une évaluation de la mémoire de travail visuo-spatiale (l'empan de direction), une mesure de l'empan visuo-attentionnel (le Report Global), une mesure de la mémoire de travail verbale (l'empan envers de chiffres), une évaluation de l'intelligence non verbale (PM38). Toutes ces épreuves ont été décrites dans l'Etude 1 (p. 103 à 110). Elles seront considérées dans l'analyse comme les variables prédictives potentielles des connaissances orthographiques lexicales. Ces dernières sont mesurées par la tâche de dictée « Le Corbeau ».

#### **VI.2.2.1 Dictée « Le Corbeau »**

Cette dictée est issue de la batterie de tests L2MA (Chevrier-Muller et al., 1997) utilisée pour établir un bilan psycholinguistique de l'enfant. Il existe deux versions de cette tâche. La version courte est destinée à tous les enfants du cycle 3. La version longue a une phrase supplémentaire et est destinée aux enfants de 5<sup>ème</sup> année. Dans cette étude, nous avons utilisé la version longue.

Lors de la passation, collective, chaque enfant a une feuille vierge. Le texte de la dictée est lu une première fois en entier avant de commencer. Puis l'expérimentateur dicte le texte par segments prédéfinis. Chaque segment peut être répété une fois.

Cette dictée permet d'obtenir trois scores. Un score phonétique (DP), évalue la transcription phonétiquement correcte de certains mots (i.e., « oiseau » transcrit « oiso » = 1, mais « oisso » = 0), la note maximale est 17. Un score d'usage (DU), évalue les connaissances lexicales orthographiques de certains mots, la note maximale est de 30. Un score grammatical évalue les connaissances orthographiques d'ordre grammatical (e.g., temps verbaux, genre et nombre des adjectifs et des noms), la note maximale est de 23.

#### **VI.2.3 PROCÉDURE**

Le PM38 et la dictée du corbeau sont effectués collectivement par demi-classes. Pour les autres épreuves (Alouette, empan de chiffres envers, report global empan de direction), les sujets ont été vus individuellement dans une pièce de leur école. Les épreuves sont réparties en 3 sessions, car les sujets sont soumis à d'autres tâches non exploitées dans cette étude. La durée de chaque session ne dépasse pas une demi-heure.

## VI.2.4 RÉSULTATS

### VI.2.4.1 Description

Le Tableau 6 expose les caractéristiques des sujets et leurs résultats aux différentes épreuves.

**Tableau 6. Etude 2, Caractéristiques des sujets aux différentes épreuves (EVA = empan visuo-attentionnel, DP = dictée, score phonologique, DU = dictée, score d'usage, DG = dictée, score grammatical)**

	Moyennes	Ecart-types	Etendues
Age réel (en mois)	125	4.33	109-137
Age lexique (en mois)	129	18.93	94-171
PM38 (Percentile moyen)	50	25.11	10-95
EVA	70	18.05	27.5-100
<b>Mémoire verbale</b>			
Empan Envers	6.76	1.43	3-12
<b>Mémoire visuelle</b>			
Empan de direction	22.93	3.40	10-30
<b>Dictée « le corbeau »</b>			
DP (score/17)	16.18	1.55	10-30
DU (score/30)	21.64	4.23	6-29
DG (score/23)	15.24	4.15	2-23

On observe un score moyen « dictée phonétique » (DP) très élevé, avec plus de 95 % de bonnes réponses. Il confirme que les élèves de 5<sup>ème</sup> année normo-lecteurs ont d'excellentes capacités à utiliser les correspondances phono-graphémiques.

Les résultats de l'analyse de corrélation sont indiqués dans le Tableau 7.

**Tableau 7. Etude 2, Corrélations entre les différentes épreuves (EVA = empan visuo-attentionnel, DP = dictée, score phonologique, DU = dictée, score d'usage, DG = dictée, score grammatical)**

	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Age Réel								
2. Age lexique	-.18							
3. PM38	-.15	.33***						
4. EVA	-.07	.46***	.14					
<b>Mémoire Verbale</b>								
5. empan envers	-.13	.23	.15	.17				
<b>Mémoire Visuo-spatiale</b>								
6. empan direction	-.07	.19	.25*	.25*	.14			
<b>Dictée « le corbeau »</b>								
7. DP	-.00	.39***	.17	.24*	.09	.16		
8. DU	-.04	.62***	.32***	.44***	.14	.20	.68***	
9. DG	-.16	.57***	.38***	.28***	.07	.24*	.56***	.71***

Note : significativité après correction Bonferroni : . \* =  $p < .001$ , \*\* =  $p < .0002$ , \*\*\* =  $p < .00002$ .

Toutes les mesures des connaissances orthographiques corrélaient entre elles. L'âge lexique corréla avec toutes les mesures orthographiques, mais pas avec les mesures des mémoires de travail verbale et visuo-spatiale. Il corréla également avec l'empan visuo-attentionnel, comme dans l'Etude 1. L'intelligence non verbale corréla avec les connaissances orthographiques lexicales et grammaticales, pas avec les connaissances phonologiques. La mémoire de travail verbale ne corréla avec aucune mesure. La mémoire de travail visuo-spatiale corréla avec l'EVA, l'intelligence non verbale et le score de dictée grammatical.

En somme, il est intéressant de noter que la corrélation entre l'EVA et l'âge lexique se retrouve dans cette étude, et surtout que l'EVA corréla avec les connaissances orthographiques lexicales, lorsqu'elles sont mesurées par une tâche de production. Cependant, l'EVA corréla aussi significativement avec le score grammatical.

#### VI.2.4.2 Analyses de régression

Une série d'analyse de régression a été conduite sur les variables dépendantes DU (orthographe d'usage) et DG (orthographe grammaticale). La variable DP (orthographe phonologiquement plausible) n'est pas prise en compte car le score plafonne. Les facteurs prédictifs des connaissances orthographiques sont l'intelligence non verbale, l'âge lexique, la

mémoire de travail visuo-spatiale, la mémoire de travail verbale et l'empan visuo-attentionnel.

**Tableau 8. Résultats des analyses de régression ( $R^2$  ajouté) sur les score d'usage (DU) et grammatical (DG) à l'épreuve de dictée « le corbeau »**

		DU	DG
1	PM38	.104***	.145***
2	Age lexicque	.302***	.226**
3	Mémoire de travail visuelle	.004	.010
4	Mémoire de travail verbale	.000	.008
5	EVA	.029**	.000
<b>Total <math>R^2</math></b>		<b>.439***</b>	<b>.389***</b>

Note : \* =  $p < .05$ , \*\* =  $p < .01$ , \*\*\* =  $p < .001$

43,9% de la variance observée sur le score d'usage sont expliqués par les cinq facteurs ( $F(5,194) = 30.37$ ,  $p < .0001$ ). L'âge lexicque en explique 30 %. Toutefois l'empan visuo-attentionnel prédit à lui seul 3 % de cette variance, une fois entré en dernier dans l'équation. Les scores de mémoire de travail n'expliquent aucune part de cette variance. Comme attendu, l'EVA n'est pas prédictif du score d'orthographe grammaticale. Seuls l'âge lexicque et l'intelligence non verbale expliquent 37 % de la variance observée dans ce score grammatical ( $F(5,194) = 27.71$ ,  $p < .0001$ ).

## VI.2.5 DISCUSSION

Le principal résultat de cette étude est la mise en évidence d'une relation significative entre l'EVA et les connaissances orthographiques lexicales mesurées par une épreuve de production écrite, indépendamment du niveau de lecture et de la mémoire de travail verbale ou visuo-spatiale. Il semble que cette relation soit plus difficile à mettre en évidence quand les connaissances orthographiques lexicales sont estimées dans une épreuve de lecture (Etude 1). Cette différence de résultats entre les deux études suggère que les capacités de traitement visuel simultané sont surtout importantes pour la mémorisation et la restitution précise de l'orthographe lexicale.

Conformément à nos prédictions, le score d'orthographe grammatical n'est pas prédit par l'EVA. Le lien observé semble donc bien spécifique aux connaissances orthographiques lexicales. Une production écrite grammaticalement correcte relève d'un ensemble complexe de compétences (e.g., application de règles, mémorisation d'instances, capacités de contrôle) qui n'ont que peu de rapport direct avec les capacités de traitement visuel simultané.



### VI.3 ETUDES 1 ET 2, CONCLUSION

L'objectif de ces deux études corrélationnelles était de confirmer la relation entre le traitement visuel simultané, estimé par l'empan visuo-attentionnel, et les connaissances orthographiques lexicales. Si cette relation a déjà été démontrée dans des études précédentes (Bosse & Valdois, 2009 ; Kwon et al. 2007 ; Valdois & Bosse, soumis) indépendamment des capacités de la mémoire verbale, nous avons voulu contrôler également les capacités de la mémoire visuo-spatiale. La capacité de stockage de la mémoire visuelle peut être définie comme un paramètre dans le cadre de la théorie de l'attention visuelle (Bundesen, 1990, 1998), et dans ce cas estimée par analyse mathématique à partir d'épreuves de report de lettres (e.g., Lobier et al., soumis). Nous avons choisi d'estimer plus simplement la capacité de la mémoire visuo-spatiale, avec des épreuves informatisées proches de l'épreuve des blocs de Corsi. L'ensemble des résultats de ces deux études montre que cette mesure de la mémoire visuo-spatiale est parfois corrélée à l'EVA, mais jamais aux connaissances orthographiques lexicales. Le lien entre EVA et connaissances orthographiques, lorsqu'il est mis en évidence, ne dépend jamais de la capacité de mémoire visuo-spatiale. Le fait qu'une relation entre EVA et connaissances orthographiques lexicales soit maintenue après contrôle de la mémoire visuo-spatiale suggère que c'est bien le traitement visuel simultané, et non pas les capacités de stockage en mémoire temporaire, qui joue un rôle dans l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales.

Pour estimer les connaissances orthographiques lexicales des enfants, nous avons proposé deux types de tâches. Dans la première étude, nous avons créé une tâche de décision lexicale orthographique permettant d'obtenir un score relatif au nombre de mots longs et courts correctement reconnus, et une mesure du temps de réaction. Dans la seconde étude, les connaissances orthographiques lexicales sont mesurées dans une tâche de production orthographique sous dictée, par le score d'orthographe d'usage. Nous avons posé l'hypothèse que l'empan visuo-attentionnel prédise une part de la variance observée dans les différentes mesures des connaissances orthographiques lexicales. Dans l'Etude 1, nous nous attendons à ce que la décision lexicale orthographique des mots longs soit particulièrement dépendante de l'EVA. Dans l'Etude 2, nous nous attendons à ce que l'EVA prédise spécifiquement le score d'orthographe d'usage et pas le score d'orthographe grammaticale.

Les résultats obtenus dans l'Etude 1 ne confirment pas l'hypothèse de l'existence d'une relation entre EVA et reconnaissance des mots longs. L'empan visuo-attentionnel prédit seulement une part significative de la variabilité observée dans la vitesse de reconnaissance des mots courts. L'analyse de cette épreuve montre aussi que les mots longs sont globalement mieux reconnus que les mots courts, mais avec un temps de réaction plus important. Le temps de réaction plus long sur les mots longs peut s'expliquer par le fait qu'un mot long a besoin de plus de temps pour être prononcé. La vitesse de reconnaissance des mots longs serait alors dépendante surtout de la vitesse de lecture. La vitesse de reconnaissance des mots courts serait moins dépendante de la lecture, ce qui aurait permis d'observer une relation significative avec l'EVA même après contrôle de l'âge lexique.

Il est également possible que, malgré le soin apporté à la construction de cette épreuve, une différence autre que la longueur subsiste entre les deux catégories de mots. En particulier, les mots courts en français ont généralement beaucoup plus de voisins orthographiques ou phonologiques que les mots longs et cet aspect n'a pas été contrôlé. Une plus grande quantité de voisins peut engendrer un plus grand risque de confusion et d'interférence au niveau des connaissances orthographiques, et pourrait expliquer pourquoi les mots courts sont moins bien reconnus que les mots longs. Comprendre pourquoi la rapidité de reconnaissance orthographique des mots ayant beaucoup de voisins serait dépendante de l'EVA, et pas celle des mots ayant peu ou pas de voisin, demanderait des investigations plus approfondies.

Les résultats en production orthographique (Etude 2) révèlent que l'EVA prédit une part modeste mais significative du score d'orthographe d'usage, même après le contrôle de l'âge de lecture qui explique pourtant à lui seul plus de 30% de la variance. Ce lien est bien spécifique à l'orthographe lexicale puisque le score d'orthographe grammaticale issu de la même dictée n'est pas du tout expliqué par l'EVA. Le fait que ce lien soit obtenu après contrôle de l'âge de lecture, alors que cet âge de lecture est lui-même également lié à l'EVA, démontre la spécificité du rôle de l'EVA dans l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales.

Le fait de trouver des résultats conformes à notre hypothèse en production orthographique et pas en décision lexicale orthographique, remet en question la pertinence d'une tâche de décision lexicale pour estimer les connaissances orthographiques lexicales. Une reconnaissance de mots peut se faire sur des indices partiels (e.g., on peut reconnaître le

mot « jardin » à partir de son squelette consonantique « jrdn », Grainger et al., 2003). La dictée, au contraire, est une tâche qui nécessite un rappel lettre à lettre du mot à produire. Elle est aussi plus coûteuse sur un plan cognitif mais permettrait de tester la connaissance orthographique lexicale précise.

Ces deux études corrélationnelles confirment l'existence d'un lien entre EVA et connaissances orthographiques lexicales mesurées par une épreuve de dictée, indépendamment des capacités de lecture. Elles confirment que l'EVA est impliqué dans les capacités de lecture, mais qu'il joue cependant un rôle spécifique dans l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales. La suite de la thèse sera consacrée à la mise en évidence de ce lien spécifique au travers de recherches expérimentales permettant de manipuler directement le traitement visuel simultané afin d'établir une relation causale entre acquisition des connaissances orthographiques et traitement visuel simultané.



# CHAPITRE VII

## ÉTUDES EXPÉRIMENTALES

Les études corrélationnelles ne permettent pas de démontrer la causalité du lien unissant les capacités de traitement visuel simultané et l'acquisition de l'orthographe lexicale. Pour étudier ce lien de causalité, une solution est de mener des études longitudinales (e.g., Bosse & Valdois, 2008) ou des études d'entraînement (e.g., Launay & Valdois, 2004). Dans la suite de cette thèse, nous avons choisi d'étudier ce lien causal par des études directes de situations d'apprentissage de l'orthographe de mots nouveaux. L'idée générale est de manipuler expérimentalement la possibilité de traitement visuel simultané pendant la situation d'apprentissage, pour pouvoir comparer ensuite l'efficacité d'un apprentissage avec ou sans possibilité de traitement visuel simultané. En référence au fonctionnement du modèle MTM, notre hypothèse est qu'une situation favorisant un traitement visuel simultané de l'ensemble des lettres composant un mot soit plus favorable à la mémorisation de son orthographe, qu'une situation empêchant ce traitement simultané. Cette hypothèse principale est testée dans toutes les études. La confirmation expérimentale de cette hypothèse permettra de préciser la nature du facteur visuo-orthographique, généralement défini de façon assez floue mais supposé impliqué dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale (Share, 1995, 1999 ; Rocher & Chanquoy, 2004 ; Cunningham et al., 2002 ; Nation et al., 2007).

Si l'idée générale commune à nos Etudes 3 à 10 est assez simple, tester expérimentalement l'effet d'un traitement visuel simultané rendu possible ou impossible pendant l'apprentissage, sa mise en œuvre s'est avérée beaucoup plus complexe et a fortement évolué au cours de ce travail de thèse. Ainsi, les Etudes 3 à 10 sont toutes construites autour de cet objectif et ont toutes certains points communs. Cependant, chacune a ses particularités, qui nous ont permis de répondre successivement à plusieurs problèmes posés par la mise en œuvre de notre hypothèse principale, et également de tester différentes hypothèses secondaires.

Les points communs aux Etudes 3 à 10 sont surtout d'ordre méthodologique. Nous nous sommes inspirés directement du paradigme d'auto-apprentissage développé par Share (1999, 2004). Nos études sont donc toutes construites sur le principe général de ce paradigme d'apprentissage implicite, avec une première phase d'apprentissage au cours de laquelle les participants lisent des mots nouveaux, suivie d'une phase de test des connaissances de l'orthographe de ces mots nouveaux. Les mots nouveaux sont toujours des pseudo-mots construits pour présenter certaines particularités orthographiques, c'est-à-dire ne pas s'écrire uniquement avec les graphèmes les plus fréquents à une position donnée. Ce choix était essentiel pour pouvoir tester la mémorisation de l'orthographe des pseudo-mots vus par les participants, et pas seulement leurs capacités d'application des règles phonographémiques. Un autre point commun aux Etudes 3 à 10, essentiel puisqu'il concerne notre hypothèse principale, est qu'elles contiennent toujours deux modalités de présentation des pseudo-mots pendant la phase d'apprentissage par lecture. Ces modalités sont toujours construites dans l'objectif de contraster une situation de lecture où le traitement visuel simultané de l'ensemble des lettres du mot est possible, à une situation de lecture forcément séquentielle, où ce traitement simultané est rendu impossible. Par souci de clarté, ces deux modalités seront désignées dans l'ensemble des études par les mêmes abréviations, SIM, pour simultané et SEQ pour séquentielle. Ces deux modalités sont toujours traitées en variable intra-sujets dans les études, c'est-à-dire que chaque participant lit la moitié des items cibles dans une modalité et l'autre moitié des items dans l'autre modalité. Enfin, un autre point commun à l'ensemble des études est le choix des exercices de la phase de test des connaissances orthographiques des pseudo-mots. Comme ce qui est fait habituellement dans les études d'auto-apprentissage de l'orthographe, la phase de test de toutes les études comprend une épreuve de reconnaissance orthographique des items cibles et un test de production orthographique sous dictée de ces items. Seules les Etudes 9 et 10 incluent également une troisième épreuve de lecture des items (Figure 20).

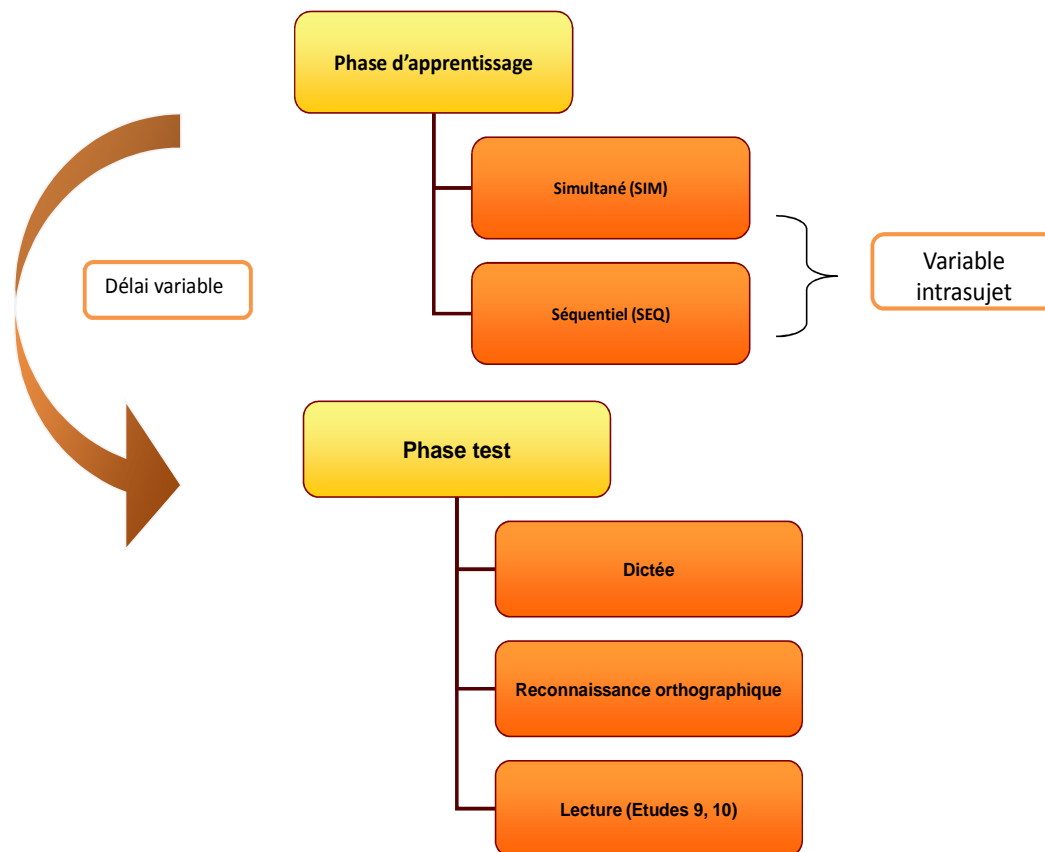


Figure 20. Présentation générale du protocole expérimental d'auto-apprentissage utilisé dans les Etudes 3 à 10.

Les particularités de chaque étude seront exposées en détail dans les présentations qui vont suivre. Cependant, nous tentons ici de brosser un tableau général des principaux éléments différenciant d'une étude à une autre. Certaines particularités sont directement liées à notre volonté d'affiner le paradigme, de mieux contrôler la lecture en phase d'apprentissage et de rendre comparables au mieux les deux modalités de présentation des items. L'évolution de notre façon de créer les pseudo-mots, ou de manipuler le traitement visuel simultané possible ou impossible, entre l'Etude 3 et l'Etude 10, est une bonne illustration de ce type de changement. Ainsi, par exemple, les Etudes 3 à 6 ne contrôlent pas le temps de présentation des lettres de l'item entre les deux conditions de présentation, contrairement à toutes les études suivantes. Autre exemple, le contrôle de la fréquence des trigrammes des pseudo-mots a été introduit dans la préparation des Etudes 9 et 10. D'autres particularités relèvent de choix non liés à l'évolution du paradigme, mais ont été introduites pour étudier l'interaction entre le traitement visuel simultané et d'autres variables, comme le niveau

scolaire (Etudes 4 et 5), le délai (Etude 6) ou le temps de présentation de l'item (Etudes 9 et 10). Les principales différences entre les études sont présentées dans le Tableau 9.

**Tableau 9. Résumé des caractéristiques principales des différentes solutions expérimentales dans les études 3 à 10. (PM = pseudo-mot ; S1 = première syllabe ; S2 = seconde syllabe)**

Etude :	3	4-5-6	7-8	9	10
<b>Participants</b>	Enfants 3 <sup>ème</sup> année	Enfants 1 <sup>ère</sup> année à 5 <sup>ème</sup> année	Adultes	Adultes	Enfants 5 <sup>ème</sup> année
<b>Délai</b>	0j/7j	1j/7j	1j	0j	0j/7j
<b>Lecture sur écran</b>		oui	oui	oui	oui
<b>Lecture en contexte</b>	oui				oui
<b>saccades</b>	avec	avec	Avec/sans	sans	avec
<b>2 graphèmes cibles par PM</b>	oui	oui	oui	oui	oui
<b>Fréquence des trigrammes contrôlée</b>				oui	oui
<b>Nombre de pseudo-mots</b>	12	14	14	12	12
<b>Nombre d'occurrences des pseudo-mots</b>	5	4 ou 6	2	2	4
<b>Temps de présentation des lettres fixé</b>			Oui	Oui	Oui
<b>Tps de traitement total mot contrôlé</b>				Oui 200/400	Oui 800/1600
<b>S1 vue avant S2 dans les 2 conditions</b>	oui	oui			
<b>Découverte active de S2</b>	oui	oui			



## VII.1 ETUDE 3

Cette première étude expérimentale teste l'hypothèse principale, selon laquelle le traitement visuel simultané de toutes les lettres d'un mot conditionne l'acquisition de l'orthographe de ce mot, en fonction du délai entre phase d'apprentissage et phase de test (délai nul ou de 7 jours). L'objectif est ici de construire une situation d'apprentissage implicite de l'orthographe qui soit écologique, c'est-à-dire proche des situations scolaires de lecture.

### VII.1.1 POPULATION

Quarante-huit enfants (25 filles et 23 garçons) scolarisés en 3<sup>ème</sup> année dans différentes écoles de la région de Grenoble ont participé à cette étude. Ils ont en moyenne 8 ans 8 mois (ET = 4 mois, étendue = 8 ans 2 à 9 ans 6). Leur âge de lecture moyen à l'Alouette (Lefavrais, 1965) est de 9 ans 2 mois (ET = 15 mois, étendue = 7 ans 5 à 12 ans 2). Ils présentent tous une intelligence non verbale normale (percentile moyen au PM38 = 50<sup>ème</sup>, ET = 20<sup>ème</sup>, étendue 20-90 ; Raven, Court, & Raven, 1998). Leur vision est normale ou corrigée, et tous les enfants sont de langue maternelle française.

### VII.1.2 MÉTHODOLOGIE

#### VII.1.2.1 Construction des Pseudo-mots

Douze paires de pseudo-mots homophones ont été sélectionnées pour cette expérience parmi 36 paires créées. Pour effectuer la sélection, 3 paires ont été assignées à chacune des 12 catégories sémantiques suivantes : un gâteau, une ville, une planète, un oiseau, un insecte, un chien, un fruit, une grenouille, un animal mystérieux, une fleur, une pièce, un bonbon. Les 36 paires de pseudo-mots ont ensuite été proposées à 45 enfants de 3<sup>ème</sup> année ayant des caractéristiques équivalentes aux participants. Les enfants devaient choisir, dans chaque paire d'homophones, le pseudo-mot qui pourrait le mieux correspondre à un mot correspondant à la catégorie sémantique donnée. Pour chacune des 12 catégories sémantiques, la paire de pseudo-mots pour laquelle le choix des enfants était le plus équilibré (i.e., le plus proche d'une égalité de choix entre les 2 homophones) a été sélectionnée. La différence moyenne des choix entre les 2 homophones des paires

sélectionnées est de 12.6 %. Cette procédure de sélection des items correspond exactement à la procédure utilisée par Share (1999) dans sa première expérience d'auto-apprentissage. Parmi les 24 pseudo-mots cibles (i.e., 12 paires d'homophones), 20 sont dissyllabiques et 4 monosyllabiques. Ils ont entre 5 et 8 lettres ( $M = 6.6$ ,  $ET = .8$ ) et aucun n'est homophone d'un mot existant. Ils contiennent tous deux phonèmes cibles écrits avec un graphème « complexe », c'est-à-dire ne correspondant pas à la correspondance phono-graphémique la plus fréquente (Peereman et al., 2007). La liste des 12 phonèmes cibles et des graphèmes complexes correspondant est présentée Tableau 10. Les graphèmes cibles contiennent en moyenne 2.2 lettres ( $ET = 0.6$ , étendue = 1-3) et sont situés au milieu (54 %), à la fin (42 %) ou au début (4 %) du pseudo-mot. La moitié correspond à un phonème vocalique et l'autre moitié à un phonème consonantique.

**Tableau 10. Liste des 12 phonèmes cibles et des paires de graphèmes complexes correspondants et leur position dans le pseudo-mot.**

Phonème cible	Position	1er Graphème complexe	2 <sup>nd</sup> Graphème complexe
/o/	fin	aud	aut
/ε/ou /e/	milieu	ai	ei
/k/	début	k	qu
/t/	milieu	tt	th
/z/	milieu	z	zz
/ɛ̃/	milieu	ain	ein
/y/	fin	ut	ue
/f/	milieu	ff	ph
/r/	fin	re	rt
/o/	milieu	eau	au
/r/	milieu	rr	rh
/ɛ̃/	fin	int	ins

Les 2 pseudo-mots de chaque paire sont répartis en 2 sets de 12 items. Les 2 sets sont présentés dans le Tableau 11. Chaque set contient les 24 graphèmes complexes, et est partagé en 2 sous-sets. Les deux graphèmes complexes d'un même phonème cible apparaissent dans des pseudo-mots différents et dans un sous-set différent.

**Tableau 11. Ensemble des 24 pseudo-mots répartis en sets et sous-sets et leur catégorie sémantique (n.c = nom commun, n.p = nom propre).**

Set A	Set B	Sous-set	Catégorie sémantique
offint	ophins	1	n.c
pauquou	peaukou	1	n.p
baire	beirt	1	n.p
maintte	meinthe	1	n.c
birhut	birrue	1	n.c
mizzaut	mizaud	1	n.p
peichaud	paichaut	2	n. c
nizart	nizzare	2	n.p
atheaube	attaube	2	n. c
carrins	carhint	2	n. c
kapein	quapain	2	n. c
orphue	orffut	2	n. c

### VII.1.2.2 Insertion des pseudo-mots dans des textes

Pour chaque set, les 12 pseudo-mots sont ensuite intégrés chacun dans un petit texte. Les 12 textes sont inspirés de ceux utilisés par Bowey et Muller (2005). Ils sont d'un niveau de difficulté adapté à la 3<sup>ème</sup> année. Dans chacun, le pseudo-mot cible apparaît 5 fois. Pour 4 textes, les pseudo-mots représentent des noms propres, pour tous les autres ce sont des noms communs. Les textes contiennent de 78 à 110 mots ( $M = 97$  mots,  $ET = 9.9$ ), et font de 11 à 15 lignes ( $M = 13$  lignes,  $ET = 1.3$ ). Ils sont précédés d'un titre et écrits chacun sur une page en Times New Roman, taille 16, interligne 1.5, voir le texte en exemple en Annexe II.

Chaque set contient donc 12 textes, répartis en 2 sous-sets de 6 textes de taille moyenne équivalente. Chaque participant est confronté à l'ensemble d'un set, donc à 12 pseudo-mots différents et au total à 24 graphèmes complexes. Par exemple, un participant soumis au set A verra, pour le phonème /s/, « zz » dans « Mizzaut » (texte « le petit chien ») et « z » dans « nizart » (texte « Le concours »).

### VII.1.2.3 Manipulation expérimentale : simultané versus séquentiel

Le paradigme expérimental repose sur une situation d'auto-apprentissage durant laquelle la possibilité d'effectuer un traitement visuel simultané est manipulée. Pour cela, plusieurs mots des textes sont masqués par une bandelette de papier. Chaque texte contient 5 lignes partiellement masquées par 5 bandelettes coulissantes indépendantes les unes des autres. En moyenne, 12.3 mots ( $ET = 1.3$ , étendue 10-14) sont cachés dans chaque texte, incluant

les 5 occurrences du pseudo-mot ainsi que d'autres mots écrits soit juste avant, soit juste après la cible, ceci afin d'éviter que l'enfant ne devine systématiquement les mots cachés avant même de les voir. Pour pouvoir découvrir les mots à lire, le participant doit tirer la bandelette coulissante de gauche à droite. Une fenêtre découpée apparaît alors, à travers laquelle l'enfant peut découvrir progressivement les mots masqués. Chaque texte est lu soit en condition de traitement simultané possible (SIM) soit en condition de traitement simultané impossible, donc en traitement séquentiel (SEQ). Dans la condition SIM, la fenêtre découpée est aussi large que le pseudo-mot cible, ce qui permet la prise d'informations de toutes les lettres simultanément. Dans la condition SEQ, la taille de la fenêtre est réduite, et en moyenne 3.3 lettres ( $ET = 0.5$ , étendue = 3-4) peuvent être vues ensemble. Le participant peut décoder oralement les mots et pseudo-mots mais ne peut jamais traiter visuellement le pseudo-mot cible dans sa globalité. Chacun des participants voit la moitié de chaque sous-set en condition SIM et l'autre moitié en condition SEQ. La moitié des participants commence avec un texte de la condition SIM et l'autre moitié avec un texte de la condition SEQ, puis les textes de chaque condition sont lus en alternance.

#### **VII.1.2.4 Epreuves de la phase de test**

L'apprentissage de l'orthographe lexicale des pseudo-mots cibles est mesuré par une tâche de dictée puis une tâche de reconnaissance entre trois homophones. Cependant, l'épreuve de dictée s'est avérée trop difficile pour les participants, les résultats de la dictée présentent des scores planchers et ne seront pas analysés dans cette étude.

##### **.VII.1.2.4.1 Dictée**

Après avoir rappelé le titre du texte correspondant, l'expérimentateur dicte oralement chaque pseudo-mot, autant de fois que nécessaire, et le sujet doit l'écrire.

##### **.VII.1.2.4.2 Reconnaissance**

Pour la tâche de reconnaissance, le sujet doit choisir chaque pseudo-mot effectivement lu parmi 3 homophones qui correspondent à l'item cible, à l'homophone de l'autre set et à un homophone écrit avec les graphèmes les plus fréquents (e.g., kapein, quapain, capin). Ces 12 triplets sont présentés sur une même feuille, chacun sur une ligne dans un ordre aléatoire, en police Arial, taille 16, interlignes 1.5. Les mots sont répartis de façon à ce que chaque type d'homophone apparaisse 4 fois dans chacune des 3 positions. Pour chacun des triplets,

l'expérimentateur rappelle le titre de l'histoire, et demande aux participants d'entourer l'item effectivement lu.

### **VII.1.3 PROCÉDURE**

Les sujets sont testés individuellement en deux sessions, dans une salle de leur école. Les deux sessions se déroulent à 7 jours d'intervalle et durent environ une demi-heure.

La moitié des participants lit les textes contenant les pseudo-mots du set A et l'autre moitié les pseudo-mots du set B. Pour chaque set, la moitié lit les textes du sous-set 1 lors de la première session et ceux du sous-set 2 lors de la deuxième session, et inversement pour l'autre moitié. Douze participants sont ainsi affectés aléatoirement dans chacun des 4 groupes (Set x ordre des sous-sets). Dans chacun des groupes, 6 participants commencent la première session par un texte en condition SIM et la seconde session par un texte en condition SEQ, et inversement pour les 6 autres sujets. Pour chacun des participants, dans chaque session, un texte de la condition SIM alterne systématiquement avec un texte de la condition SEQ. Dans chaque sous-set, l'ordre des textes et la condition de présentation sont contrebalancés, de sorte que chaque texte apparaît également dans les 6 positions possibles et également dans les 2 conditions de présentation.

#### **VII.1.3.1 Session 1**

La première session, commence avec le test de l'Alouette. Ensuite, avant la lecture des textes, l'expérimentateur explique la manipulation des bandelettes de papier à l'aide d'un petit texte utilisé uniquement pour l'entraînement. Puis, l'enfant doit lire à voix haute 6 textes, le plus correctement possible

Les enfants sont informés avant la lecture qu'ils devront répondre à des questions et manipuler des bandelettes de papier pour découvrir certains mots. Pour chaque texte, l'expérimentateur lit le titre. Lors de la lecture par l'enfant, aucune aide n'est apportée, ni pour le décodage des pseudo-mots, ni pour la manipulation des languettes de papier. La lecture est enregistrée, le temps de lecture par texte est relevé et considéré comme une mesure contrôle de vitesse de lecture.

Après chaque histoire lue, 3 questions sont posées à l'enfant : 2 questions simples de compréhension du texte ne mentionnant pas le pseudo-mot cible, et 1 question obligeant le sujet à rappeler oralement le pseudo-mot lu. Cette dernière question est proposée afin de

s'assurer que le sujet ait bien mémorisé la forme phonologique de l'item cible après la lecture.

### VII.1.3.2 Session 2

La deuxième session se déroule 7 jours plus tard. Elle commence par la lecture des 6 autres textes suivie des questions relatives à chacun d'eux. Immédiatement après cette nouvelle phase d'auto-apprentissage, la phase de test est effectuée avec la dictée des 12 items suivie de la tâche de reconnaissance. Ainsi, les pseudo-mots lus lors de la première session sont les pseudo-mots testés avec un délai de 7 jours, alors que ceux lus lors de la deuxième session sont les pseudo-mots à délai 0 jour.

Pour finir, deux semaines après cette deuxième session, les participants sont revus collectivement en demi-classe pour effectuer le test des matrices de Raven.

## VII.1.4 RÉSULTATS

### VII.1.4.1 Analyses préliminaires

Les mesures prises pendant la phase d'apprentissage sont présentées dans le Tableau 12. Les analyses de ces mesures ont pour but de voir si la qualité de décodage des textes et des pseudo-mots diffère entre les deux conditions de présentation et entre la première et deuxième session. Lors de la phase d'auto-apprentissage, le nombre d'erreurs de lecture sur tout le texte a été relevé, ainsi que le temps total de lecture. Les réponses aux questions de compréhension sont aussi un moyen de contrôle et seront discutées. Plus essentiel, le nombre d'erreurs de décodage du pseudo-mot cible a également été contrôlé.

**Tableau 12. Moyennes (écarts-types) en lecture de texte et de traitement phonologique des items cibles pendant la lecture, en fonction de la session et de la condition (SIM vs SEQ).**

	Session 1		Session 2	
	Condition SIM	Condition SEQ	Condition SIM	Condition SEQ
Vitesse de lecture (mot par seconde)	1.54 (.38)	1.46 (.38)	1.60 (.40)	1.57 (.37)
% de lecture correcte	97.6 (1.61)	97.6 (1.42)	98.4 (1.34)	98 (1.2)
% de compréhension	84.5 (14.5)	89.5 (15)	87.5 (14.5)	88.5 (13.5)
% de décodage des pseudo-mots cibles	85.4 (23.2)	85.1 (16.8)	93.1 (15.8)	87.3 (16.4)
% de rappel phonologique des cibles	81.2 (24.7)	79.2 (21.3)	88.2 (21.2)	82.6 (22.8)

#### **.VII.1.4.1.1 Lecture de texte**

Les résultats sur le nombre d'erreurs révèlent que la lecture est très bonne dans les 2 sessions, mais légèrement plus lors de la deuxième ( $F(1,47) = 8.7, p < .01$ ). L'effet de la condition de présentation n'est pas significatif ( $F(1,47) = 1.08, ns$ ), ni l'effet d'interaction ( $F(1,47) = 1.97, ns$ ). La vitesse de lecture est plus lente lors de la première session ( $F(1,47) = 24.4, p < .0001$ ), et dans la condition de présentation séquentielle ( $F(1,47) = 19.2, p < .001$ ). L'interaction est non significative ( $F(1,47) = 2.4, ns$ ). Le niveau de compréhension est bon et équivalent avec aucun effet significatif, ni de la session ( $F < 1, ns$ ), ni de la condition de présentation ( $F(1,47) = 2.04, ns$ ), ni d'interaction ( $F < 1, ns$ ). Globalement, les performances de lecture de texte sont meilleures en deuxième session. Ces résultats peuvent s'expliquer par une familiarité du matériel en session 2. La condition de présentation affecte la vitesse de lecture mais pas la qualité du décodage, ni la compréhension.

#### **.VII.1.4.1.2 Lecture des pseudo-mots**

Plus de 85 % des pseudo-mots sont correctement décodés. Les différents facteurs, session, condition de présentation et interaction sont non significatifs (respectivement,  $F(1,47) = 3.59, ns$ ,  $F(1,47) = 1.49, ns$  et  $F(1,47) = 1.05, ns$ ). Une analyse qualitative des erreurs révèle que les types d'erreurs sont les mêmes dans les 2 conditions de présentation. Les erreurs les plus fréquentes sont les erreurs d'addition d'un phonème (58.3 % dans la condition SIM et 59.3 % dans la condition SEQ). Les erreurs de substitution de phonèmes apparaissent dans 23.8 % des cas en condition SIM et 19.9 % en condition SEQ. Les erreurs les plus complexes, c'est-à-dire des erreurs de lecture faites sur plus d'un phonème, représentent 17.9 % des cas dans la condition SIM et 20.8 % dans la condition SEQ. Les analyses montrent que la distribution des erreurs est équivalente dans les 2 conditions de présentation ( $\chi^2 = 1.9, ns$ ). Le rappel phonologique des pseudo-mots après la lecture des textes est également bon et varie de 79.2 % à 88.2 %. Les effets de session, de condition de présentation et d'interaction sont non significatifs sur ce résultat (respectivement,  $F(1,47) = 2.74, ns$ ,  $F(1,47) = 1.68, ns$  et  $F < 1$ ).

Ainsi, ces analyses préliminaires indiquent que le traitement phonologique des pseudo-mots a été aussi efficace dans les 2 conditions de présentation. Ces résultats garantissent donc que les comparaisons suivantes faites sur l'apprentissage orthographique entre la condition SIM et la condition SEQ ne peuvent être confondues avec des différences initiales dans la qualité du décodage des items cibles. De plus, les scores de précision et de compréhension

sont équivalents entre les conditions simultanée et séquentielle suggérant donc que la condition séquentielle n'est pas plus difficile. De ce fait, la différence observée entre les conditions sur la vitesse de lecture ne peut être attribuée à une plus grande difficulté de lecture de cette condition.

#### VII.1.4.2 Analyse du score de reconnaissance

Les sujets doivent choisir entre 3 homophones la forme orthographique de celui qu'ils ont lu lors de la phase d'auto-apprentissage. Un test de  $\chi^2$  a été réalisé afin de s'assurer que les réponses des participants ne relevaient pas du hasard. Les résultats révèlent que les enfants choisissent le plus souvent le pseudo-mot cible, voir Tableau 13.

**Tableau 13. Etude 3, Pourcentage de choix sur chaque type d'item dans l'épreuve de reconnaissance en fonction de la condition de présentation (SIM= Simultané vs. SEQ=Séquentiel) et du délai (7 jours vs. 0 jour), résultats du  $\chi^2$**

	Délai 7 jours		Délai 0 jour	
	SIM	SEQ	SIM	SEQ
1.Pseudo-mot cible	61.8 (30)	52.1 (29.1)	75 (26.2)	65.3 (32.2)
2.Homophone complexe	22.9 (23)	30.5 (27.4)	16.7 (21.7)	13.9 (19.2)
3. Homophone simple	15.3 (24.8)	17.4 (21.7)	8.3 (14.6)	20.8 (27.2)
$\chi^2$ (dl)	42.79 (2)	31.50 (2)	118.04 (2)	79.17 (2)
p	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Une ANOVA croisant les facteurs délai (0 versus 7 jours) et condition de présentation (SIM versus SEQ) a été réalisée sur le nombre de pseudo-mots correctement reconnus. Les résultats révèlent un effet significatif du facteur délai ( $F(1,47) = 9.96, p < .01$ ). Les pseudo-mots sont mieux reconnus lorsque la tâche est effectuée immédiatement après la phase d'auto-apprentissage. Plus important, l'effet significatif de la condition de présentation ( $F(1,47) = 9.17, p < .01$ ) spécifie que la reconnaissance des items cibles est plus facile lorsqu'ils ont été lus dans la condition SIM. Aucun effet d'interaction n'est révélé par cette analyse ( $F < 1$ ), suggérant que l'effet de la condition de présentation n'est pas influencé par le délai.



Dans une analyse de régression, nous examinons la relation entre le score de reconnaissance des pseudo-mots cibles et 3 facteurs ; la condition de présentation, la vitesse de lecture et la lecture correcte des items en phase d'apprentissage. Le modèle est globalement significatif ( $F(3,92) = 3.52, p < .05$ ) et rend compte de 10.3 % de la variance observée dans le score de reconnaissance. Les résultats révèlent que la condition de présentation explique 4 % de la variance de l'apprentissage orthographique après avoir tenu compte de la contribution des facteurs vitesse de lecture et lecture correcte ( $t(92) = 2.03, p < .05$ ). Aucun de ces deux facteurs n'expliquent une part propre de la variance du score de reconnaissance ( $t(92) = -1.8, ns$  et  $-1.4, ns$  respectivement pour la vitesse de lecture et pour la lecture correcte).

Une analyse par items a été conduite pour vérifier si l'effet de la condition de présentation sur l'apprentissage est le même quand le décodage du pseudo-mot en phase d'apprentissage est correct et quand il ne l'est pas. Pour cela une variable intra-item appelée « difficulté de lecture » a été créée avec deux niveaux ; bien lus (le pseudo-mot a été lu correctement à chacune des 5 occurrences) versus mal lus (le pseudo-mot a été mal lu au moins une fois). Une ANOVA 2\*2 a ensuite été réalisée avec deux variables intra-item, la condition de présentation (SIM vs. SEQ) et la difficulté de lecture. L'analyse par sujets ne révélant pas d'effet d'interaction entre condition et délai, ce dernier ne sera pas pris en compte dans cette analyse. La variable dépendante est le nombre de sujets ayant reconnu le pseudo-mot cible dans la tâche de reconnaissance. Les résultats sont reportés dans le Tableau 14.

Les résultats révèlent un effet significatif de la condition de présentation, confirmant que la reconnaissance est meilleure lorsque les items sont lus dans la condition SIM que dans la condition SEQ ( $F(1,23) = 5.6, p < .05$ ). L'effet du facteur « difficulté de lecture » est également significatif ( $F(1,23) = 40.4, p < .001$ ) puisque la plupart des pseudo-mots sont bien lus lors de la phase d'auto-apprentissage. L'effet d'interaction entre le facteur condition de présentation et difficulté de lecture est aussi significatif ( $F(1,23) = 5.9, p < .05$ ). Des comparaisons planifiées précisent que le pseudo-mot est mieux reconnu lorsqu'il a été lu dans la condition SIM, mais seulement lorsque le décodage a été correct ( $F(1,23) = 8.04, p < .01$  ;  $F < 1$  pour les items mal lus). Ces résultats suggèrent que le traitement visuel

simultané est impliqué dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale lorsque le décodage est correct.

**Tableau 14. Nombre de pseudo-mots bien reconnus et nombre de pseudo-mots mal reconnus dans la tâche de reconnaissance, en fonction de la condition de présentation (SI vs. SE) et de la difficulté de lecture (bien lus vs. mal lus) pendant la phase d'apprentissage.**

	SIM			SEQ		
	Bien reconnus	Mal reconnus	Total	Bien reconnus	Mal reconnus	Total
Bien lus	163	73	236	128	93	221
Mal lus	34	18	52	41	26	67
Total	197	91	288	169	119	288

### VII.1.5 CONCLUSION DE L'ETUDE 3

Notre étude explore les différents facteurs cognitifs impliqués dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale. Selon l'hypothèse d'auto-apprentissage de Share (1995, 1999, 2004) l'apprentissage de l'orthographe lexicale est efficient lorsque le décodage du mot est correct. Toutefois, le décodage n'est pas le seul facteur impliqué. Conformément au modèle MTM, nous avons suggéré que le traitement visuel simultané pouvait également influencer l'apprentissage de la forme orthographique d'un mot. Pour tester cette hypothèse du traitement visuel simultané, notre paradigme expérimental repose sur deux conditions de présentation des pseudo-mots. D'une part, le traitement visuel simultané, (i.e., la prise d'informations simultanée sur l'ensemble des lettres de l'item) peut être effectué, condition SIM. D'autre part, ce traitement visuel simultané est empêché par une présentation séquentielle des items, condition de présentation SEQ. Les résultats de cette étude semblent confirmer cette hypothèse. Les sujets reconnaissent plus d'items lus dans la condition SIM, c'est-à-dire lorsque le traitement visuel peut être simultané sur l'ensemble des lettres du pseudo-mot, et ce, même si les pseudo-mots sont aussi bien lus dans la condition SIM que dans la condition SEQ. De plus, cette différence dans les performances de reconnaissance entre les deux conditions de présentation des pseudo-mots se maintient avec un délai de 7 jours. Cela suggère également que le traitement visuel simultané est impliqué dans la mémorisation à long terme des items.

Cependant, il semble que le paradigme expérimental utilisé dans cette Etude 3 ne permette pas aux enfants de 3<sup>ème</sup> année de mémoriser suffisamment la forme orthographique des pseudo-mots pour qu'un rappel, sans support visuel, puisse être effectif. En effet, les scores obtenus lors de la tâche de dictée sont très faibles et n'ont donc pas pu faire l'objet d'une présentation, ni d'une analyse. Si les sujets reconnaissent plus de pseudo-mots lus dans la condition SIM, ils ne sont capables d'en écrire qu'un tout petit nombre. Toutefois, cette différence de résultats entre une tâche de dictée et une tâche de reconnaissance est fréquemment observée (De Jong & Share, 2007; Shahar-Yames & Share, 2008 ; Share, 1999) et peut s'expliquer par une demande différente entre les deux tâches. La dictée demande de se souvenir de toutes les lettres du pseudo-mot et de les écrire dans le bon ordre. Reconnaître un item peut se faire à partir d'indices partiels. Or, nous avons fait le choix de construire des pseudo-mots polysyllabiques complexes et de ne les faire lire que 5 fois chacun, des conditions sans doute trop difficiles pour une mémorisation précise de l'orthographe.

Toutefois, les résultats de cette première étude sont encourageants. En effet, ils montrent que, dans une situation de lecture la plus écologique possible (lecture de textes papier), le traitement visuel simultané favorise l'apprentissage de l'orthographe lexicale.

Il est maintenant nécessaire, pour confirmer l'implication du traitement visuel simultané dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale, de répliquer ces premiers résultats. De plus, la différence observée dans les temps de lecture des textes nous interroge. Même si nous pensons qu'elle n'est pas le reflet d'une difficulté de lecture dans la condition séquentielle (pour rappel le nombre d'erreurs de lecture effectuées pendant la lecture des textes et effectuées sur le décodage des items n'est pas différent d'une condition de présentation à l'autre), il nous semble important de mieux contrôler ce paramètre. De plus, la manipulation des languettes ne permet pas un contrôle rigoureux de la passation. Dans l'étude suivante, nous avons donc amélioré le protocole expérimental par une présentation informatisée.



## VII.2 ETUDE 4

L'objectif de cette étude est triple. D'abord, nous cherchons à savoir si notre hypothèse sur l'impact du traitement visuel simultané dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale se confirme avec un nouveau mode de présentation des items cibles pendant la phase d'apprentissage. Ce nouveau mode de présentation est moins écologique que celui de l'Etude 3 mais il conserve l'idée d'une découverte active des items : comme dans l'étude précédente, c'est l'enfant qui devra agir pour découvrir les différentes parties des items. En outre, ce nouveau mode de présentation permet un meilleur contrôle des temps de traitement de chaque syllabe. Deuxièmement, nous voulons tester notre hypothèse principale dans une situation d'apprentissage de pseudo-mots sans contexte, donc sans l'aide du sens lors de la phase de test. L'effet du contexte dans l'auto-apprentissage de l'orthographe est contesté dans la littérature (Nation et al., 2007). Pour Martin-Chang, Levy, & O'Neil (2007), l'apprentissage des mots ne diffère pas selon qu'ils sont appris en contexte ou de manière isolée. Enfin, dans une perspective développementale, les trois niveaux du cycle 3 de l'école primaire sont testés afin de voir si l'impact du traitement visuel simultané sur l'apprentissage de l'orthographe évolue avec le niveau scolaire.

### VII.2.1 POPULATION

Quatre-vingt-huit enfants du Gers et de la Corrèze ont participé à cette expérience. Cet échantillon est composé de 31 élèves de 3<sup>ème</sup> année primaire, 28 élèves de 4<sup>ème</sup> année et 29 élèves de 5<sup>ème</sup> année primaire. Tous présentent une intelligence non verbale normale (score au PM38 supérieur au 10<sup>ème</sup> percentile). Le percentile moyen est équivalent pour tous les niveaux scolaires ( $F(2,85) = 1.6, ns$ ). Aucun n'a de retard de lecture supérieur à 18, 24 et 30 mois respectivement pour les 3<sup>ème</sup> année, 4<sup>ème</sup> année et 5<sup>ème</sup> année (selon les critères du BALE [Bilan Analytique du Langage Ecrit, subtest de l'ODEDYS, (Jacquier-Roux, 2010)]). Leur niveau orthographique préalable est mesuré par la tâche de jugement orthographique. Leur score moyen est obtenu sur 42. Les caractéristiques des participants sont exposées dans le Tableau 15.

**Tableau 15. Caractéristiques des participants. Moyennes ( M) d'âge réel et d'âge lexique exprimées en années et mois, écart-type (ET) et étendue en mois. Score moyen au PM38, et score moyen à la tâche de jugement sur 42. 31 participants de 3<sup>ème</sup>, 28 de 4<sup>ème</sup> et 29 de 5<sup>ème</sup> année de primaire.**

	31 3 <sup>ème</sup> année			28 4 <sup>ème</sup> année			29 5 <sup>ème</sup> année		
	M	ET	Etendue	M	ET	Etendue	M	ET	Etendue
Age réel	8a8m	4	98-110	9a3m	4	106-121	10a7m	5	114-139
Age lexique	8a6m	13	86-146	10a1m	18	96-159	10a4m	18	100-166
PM38	61.1	23.15	25-95	57.5	24.3	25-95	68.4	22.5	25-95
Niveau orthographique	22.1	5.6	14-32	25.6	5	16-34	28.97	5	19-42

## VII.2.2 MÉTHODOLOGIE

### VII.2.2.1 Matériel

#### *.VII.2.2.1.1 Epreuve contrôle de jugement orthographique*

Elle permet de tester les connaissances orthographiques préalables des élèves par une tâche de reconnaissance, en passation collective.

L'épreuve comprend une liste de 42 triplets de mots écrits (Annexe III). Chaque triplet est formé par un mot correctement orthographié et deux homophones distracteurs qui ne se distinguent du mot correct que sur un phonème écrit de 3 façons différentes (e.g., pissenlit, pissenlid, pissenlie). De plus, les trois graphies d'un triplet (e.g., it, id, et ie) sont utilisées dans deux autres triplets, chacune d'elles étant la graphie exacte dans un triplet différent. Nous retrouvons ainsi « id » dans le triplet nit, nid, nie, et « ie » dans le triplet fourberie, fourberit, fourberid. La fréquence moyenne des items de la liste est de 4.69 pour 1 million, avec un minimum de 2.94 (quadrille) et un maximum de 62.52 (repas). La liste des triplets est imprimée sur une feuille format 21x29.7, en deux colonnes, police Time New Romans, taille 14. La passation est collective. Après un exemple facile (maizon, maison, mèsou) traité collectivement au tableau, chaque enfant doit lire silencieusement chaque triplet et entourer le mot qu'il pense être juste. Il n'y a pas de temps limite. Le score correspond au nombre de mots corrects reconnus.

### **.VII.2.2.1.2 Construction des pseudo-mots**

Les pseudo-mots de l'Etude 3 n'ont pas été repris ici car un trop grand nombre d'entre eux ne correspondaient pas aux nouveaux critères de l'Etude 4, par exemple ils n'étaient pas dissyllabiques ou comportaient leurs deux graphèmes cibles dans la même syllabe.

Quatorze paires de nouveaux pseudo-mots dissyllabiques de 5 à 9 lettres ( $M = 7.1$ ,  $ET = 0.9$ ) ont donc été créées pour cette expérience. Pour ce faire, une liste de 14 phonèmes ou combinaisons de 2 phonèmes a été établie. Chaque élément de cette liste correspond au moins à deux graphèmes complexes (Tableau 16). Par exemple, /f/ peut s'écrire « ff » comme dans soufflé ou « ph » comme dans éléphant.

**Tableau 16. Etude 4, Liste des 14 phonèmes ou combinaisons de 2 phonèmes, des deux graphies complexes correspondantes choisies pour la construction des pseudo-mots cibles.**

	Position dans le mot	Graphie 1	Graphie 2
/o/	milieu	au	ô
/ε/ou /e/	milieu	ai	ei
/k/	début	k	qu
/k/	fin	que	k
/s/	début	c	sc
/ɛ̃/	milieu	ain	ein
/ã/	début	han	hen
/f/	milieu	ff	ph
/r/	fin	re	rt
/l/	fin	lle	le
/t/	milieu	tt	th
/o/	fin	au	eau
/ri/	début	rhi	ry
/on/	final	onne	aune

Chaque pseudo-mot créé contient 2 graphèmes complexes de cette liste, un dans chaque syllabe. Aucune syllabe n'est à elle seule un mot existant de la langue française, même si nous n'avons pu éviter que certaines soient des homophones de mots existants (e.g., pau). La dernière syllabe a été construite pour n'engendrer aucune ambiguïté de prononciation. Par exemple, la syllabe finale « is » n'a pas été sélectionnée car elle peut se prononcer /is/ comme dans vis ou /i/ comme dans souris. Les pseudo-mots construits n'ont pas de voisin orthographique (New, 2001). Les pseudo-mots sont ensuite répartis en 2 sets de 14 items. Un même pseudo-mot oral apparaît dans les 2 sets sous des formes écrites différentes. Par exemple, le pseudo-mot /pofu/ contient les éléments complexes /o/ et /f/. Il est écrit

« pauffou » dans le set A et « pôphou » dans le set B. Les 2 sets de pseudo-mots sont présentés dans le Tableau 17. Chaque set contient les 28 graphies complexes, et est partagé en 2 sous-sets. Les deux graphies complexes d'un même phonème apparaissent dans des pseudo-mots différents et dans un sous-set différent. Par exemple, dans le set A, la graphie « ff » apparaît dans pauffou (sous-set 1) et la graphie « ph » apparaît dans deiphon (sous-set 2).

**Tableau 17. Etude 4, Ensemble des 28 pseudo-mots répartis en sets et sous-sets.**

<b>Set A</b>	<b>Set B</b>	<b>Sous-set</b>
pauffou	pôphou	1
baitare	beitart	1
quavonne	kavaune	1
cipulle	scipule	1
daintho	deintto	1
ryteau	rhitaù	1
hanlouque	henlouk	1
deiphon	daiffon	2
kaltart	qualtare	2
sciraune	cironne	2
teingule	taingulle	2
bôtti	bauthi	2
rhinak	rynaque	2
henchau	hancheau	2

### **.VII.2.2.1.3 Manipulation expérimentale**

Dans la phase d'apprentissage, chaque participant doit lire à voix haute les pseudo-mots d'un set, qui apparaissent successivement sur l'écran d'ordinateur dans un ordre aléatoire, en noir (police Bold Courier New, taille 24) sur fond blanc. La moitié des items est systématiquement vue en condition de présentation simultanée (SIM, Figure 21a) et l'autre moitié en condition de présentation séquentielle (SEQ, Figure 21b). Après le point de fixation d'une seconde, la première syllabe de l'item apparaît à l'écran (Figures 21 a et b, premier écran) et l'enfant doit la lire silencieusement avant de presser sur la barre espace. Alors, pour la condition SIM, la seconde syllabe apparaît en même temps que la première (Figure 19a, second écran). Pour la condition SEQ, lorsque la seconde syllabe apparaît une suite de dièses remplace la première syllabe (Figure 19b, second écran). Dans les deux conditions, le



participant doit prononcer le pseudo-mot entier dès que possible. Le second écran disparaît avec le début de la lecture à voix haute, pour faire place à un masque de 1500 ms. Cette présentation des items a été construite sur le logiciel E-prime (version 1.1; Schneider, Eschman, & Zuccolotto, 2002). Le temps d'apparition de la première syllabe est enregistré et la vitesse de lecture est mesurée par une clé vocale à partir de l'apparition de la seconde syllabe.

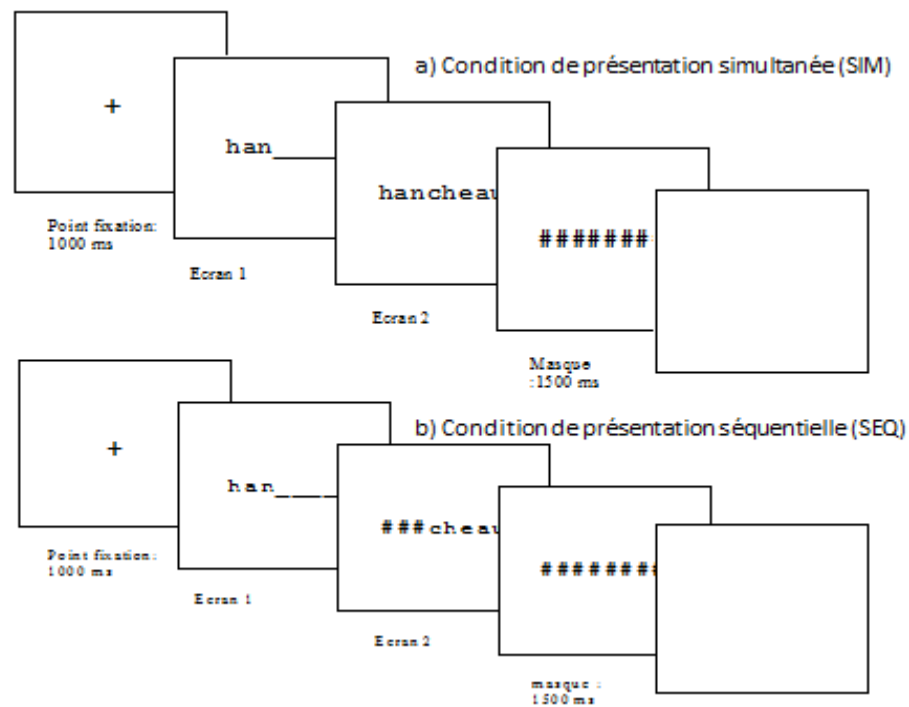


Figure 21. Etude 4. Paradigme de présentation des items en phase d'apprentissage, condition simultanée (SIM) ou séquentielle (SEQ).

### VII.2.2.2 Procédure

Le paradigme d'auto-apprentissage comprend une phase d'apprentissage pendant laquelle chaque participant lit les 14 pseudo-mots d'un set, puis une phase de test pendant laquelle sa connaissance orthographique des pseudo-mots lus précédemment est testée, comme dans l'Etude 3, par l'épreuve de dictée suivie de l'épreuve de reconnaissance parmi trois homophones (voir description dans Etude 3).

### **.VII.2.2.2.1 Session 1**

Dans un premier temps, les participants passaient les épreuves du PM38 par demi-classe. Puis, dans une pièce isolée de leur école ils étaient soumis individuellement au test de l'Alouette. Enfin, chaque participant était affecté aléatoirement à un set (14 3<sup>ème</sup> année, 16 4<sup>ème</sup> année et 15 5<sup>ème</sup> année au set A, 17 3<sup>ème</sup> année, 12 4<sup>ème</sup> année et 14 5<sup>ème</sup> année au set B). Après une phase de familiarisation avec le matériel informatique, on annonçait aux participants qu'ils allaient devoir lire des mots qui n'existent pas. On leur précisait qu'ils devaient lire silencieusement la première syllabe, puis, dès qu'ils étaient prêts, ils appuyaient sur la barre espace pour faire apparaître la suite de l'item. Le plus rapidement possible, ils devaient prononcer à haute voix le mot entier en essayant de ne pas se tromper. Dix essais d'entraînement étaient effectués avec des pseudo-mots simples, puis les 14 pseudo-mots étaient présentés 4 fois chacun dans un ordre aléatoire, soit 56 présentations au total. Chaque enfant voyait les 7 pseudo-mots d'un sous-set en condition SIM et les 7 pseudo-mots de l'autre sous-set en condition SEQ. Les erreurs de lecture étaient notées par l'expérimentateur. Deux temps étaient enregistrés à chaque essai ; d'une part, le logiciel enregistrait le temps écoulé entre l'apparition de la première syllabe et l'appui sur la barre d'espace, temps correspondant au temps de présentation du premier écran et conditionné à la fois par la vitesse de lecture silencieuse de la première syllabe et par la rapidité d'appui sur la barre (ce temps sera nommé VS1 pour « vitesse de traitement de la syllabe 1 »); d'autre part, on enregistrait aussi le temps de présentation du second écran, c'est à dire le temps écoulé entre l'apparition du second écran et le début de la lecture à voix haute. Parmi les 45 enfants affectés au set A, 9 3<sup>ème</sup> année, 9 4<sup>ème</sup> année et 6 5<sup>ème</sup> année ont lus le sous-set 1 en condition SIM et le sous-set 2 en condition SEQ (pour les 43 affectés au set B, 8 3<sup>ème</sup> année, 5 4<sup>ème</sup> année et 7 5<sup>ème</sup> année).

### **.VII.2.2.2.2 Session 2**

La phase de test se déroulait 7 jours après la phase d'apprentissage. Deux types d'épreuve étaient proposés lors de cette phase de test. Premièrement, une dictée, durant laquelle l'expérimentateur dictait les 14 pseudo-mots que les enfants devaient écrire sur papier libre. Les items étaient répétés autant de fois que nécessaire et donnés dans un ordre aléatoire. Deuxièmement, l'acquisition des connaissances orthographiques des pseudo-mots était mesurée par une épreuve de reconnaissance identique à celle de l'Etude 3.

## VII.2.3 RÉSULTATS

### VII.2.3.1 Analyses préliminaires

Il est important de vérifier que les conditions de présentation des pseudo-mots, simultanée (SIM) versus séquentielle (SEQ), n'entraînent pas de différence dans la qualité de leur décodage. Les mesures prises pendant la phase d'apprentissage (Tableau 18) permettent notamment de savoir si la vitesse de traitement de la première syllabe et la vitesse de lecture de l'item lors de l'apparition de la deuxième syllabe, varient en fonction de la condition de présentation. Une ANOVA a été effectuée sur ces différentes mesures, avec la condition de présentation en VI intra-participants et le niveau scolaire en VI inter-participants.

Le pourcentage de pseudo-mots correctement décodés lors de la phase d'entraînement est élevé (en moyenne 90 % pour la modalité globale et 89 % pour la modalité partielle) et équivalent quelle que soit la modalité de présentation ( $F(1,85) = 1.58$ , *ns*) et quel que soit le niveau scolaire ( $F < 1$ ), sans effet d'interaction ( $F(2,85) = 1.32$ , *ns*). Une analyse qualitative des erreurs révèle que la majorité des erreurs de lecture sont des erreurs de substitution de phonèmes (i.e., /doti/ pour /boti/). Ce type d'erreur représente 70 % des cas dans la condition simultanée et 61 % dans la condition séquentielle. Les enfants font également des erreurs d'addition de phonèmes (i.e., /kaltart/ pour /kaltar/) dans 17 % des cas pour la condition SIM et 20 % dans la condition SEQ. Les autres erreurs, qualifiées de complexes car elles portent sur plus d'un phonème (i.e., /kātar/ pour /kaltar/ ou item non lu), sont faites pour 13 % dans la condition SIM et pour 19 % dans la condition SEQ. La distribution des différents types d'erreurs diffère légèrement entre les deux conditions de présentation ( $\chi^2 = 8.2$ ,  $p < .05$ ). La fréquence des erreurs entre les deux syllabes des pseudo-mots a également été contrôlée en fonction de la condition de présentation. Il s'avère que 59 % des erreurs de lecture sont produites sur la première syllabe dans la condition SIM. On trouve 37 % d'erreurs pour la seconde syllabe et 4 % sur les deux syllabes. Ces pourcentages sont respectivement de 54, 39 et 7 % pour la condition SEQ. Une ANOVA portant sur le nombre d'erreurs et croisant le facteur niveau scolaire, la syllabe (1 ou 2) et la condition de présentation (SIM vs. SEQ), ne révèle aucune différence entre le niveau scolaire ( $F < 1$ ), les conditions de présentation ( $F(1,85) = 1.63$ , *ns*), ni d'effet d'interaction. Seul l'effet de la syllabe est significatif ( $F(1,85) = 5.21$ ,  $p < .05$ ), confirmant que les sujets font plus d'erreurs sur la première syllabe.

**Tableau 18. Etude 4, Pourcentage de pseudo-mots bien lus, temps d'apparition de la première syllabe (nombre de syllabes par seconde) et vitesse de lecture des pseudo-mots (nombre de PM par seconde) pendant la phase d'auto-apprentissage, en fonction du niveau scolaire (3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> année primaire) et de la condition de présentation (SIM vs. SEQ).**

	3 <sup>ème</sup> année		4 <sup>ème</sup> année		5 <sup>ème</sup> année	
	SIM	SEQ	SIM	SEQ	SIM	SEQ
% d'items bien lus	89 (12)	91 (8)	91 (11)	87 (12)	90 (11)	88 (13)
Temps de S1 (syllabe par s)	.79 (.26)	.79 (.27)	.92 (.22)	.91 (.21)	1.03 (.27)	1.04 (.28)
Vitesse de lecture (PM par s)	1.25 (.43)	1.23 (.43)	1.34 (.51)	1.30 (.52)	1.33 (.32)	1.37 (.39)

Pour le temps d'apparition de la première syllabe et la vitesse de lecture, seuls les temps sur les items correctement décodés sont analysés. Pour la vitesse de lecture, les erreurs d'enregistrement de la clé vocale engendrent l'exclusion de 1.5% des données. Les temps inférieurs à 150 ms (moins de 1% des données) ne sont pas non plus retenus, considérant que cette rapidité doit être attribuée à une erreur de manipulation. Les temps supérieurs à deux écarts-types (3.9% des données) sont également écartés de l'analyse, et ce indépendamment pour chaque niveau scolaire. Enfin, les mesures de temps ont subi une transformation logarithmique afin de correspondre à une distribution normale (e.g., Ratcliff, 1993 ; Howell, 2007) et pouvoir être traitées par ANOVA. Le temps d'apparition de la première syllabe, contrôlé par le participant qui devait la lire en silence, est le même quelle que soit la condition de présentation ( $F < 1$ ) mais diffère en fonction du niveau scolaire ( $F(2,85) = 11.08, p < .0001$ ). Ces résultats suggèrent que plus le participant est avancé dans le niveau scolaire, plus la lecture silencieuse, et/ou le fait d'appuyer sur la barre espace, est rapide. Aucun effet d'interaction n'est observé ( $F < 1$ ). La vitesse de lecture, c'est-à-dire le temps écoulé entre le début de l'apparition de la deuxième syllabe et le début de la lecture à haute voix de l'enfant, a également été mesurée pendant la phase d'apprentissage. Aucun effet du niveau scolaire n'est présent sur cette mesure ( $F(2, 85) = 1.06, ns$ ), ni aucun effet de la condition de présentation ( $F < 1$ ). Il n'y a pas d'effet d'interaction ( $F < 1$ ).

Pour résumer, ces analyses préliminaires révèlent que le décodage des pseudo-mots est aussi efficient dans la condition SIM que dans la condition SEQ, et ce quelle que soit la variable prise en considération ; nombre de pseudo-mots correctement décodés, temps d'apparition de la première syllabe ou vitesse de lecture.

### VII.2.3.2 Dictée

L'analyse des erreurs en dictée a été réalisée en distinguant les résultats sur chaque syllabe, Tableau 19. En effet, comme le paradigme expérimental engendre un temps de présentation de la première syllabe plus long dans la condition simultanée (Figure 21), il semble important de s'assurer que cela n'a pas eu un effet particulier sur la mémorisation.

**Tableau 19. Etude 4, Moyenne du nombre d'erreurs commises lors de la dictée en fonction du niveau scolaire, de la syllabe (S1 ou S2) et de la condition de présentation des items (SIM = simultanée, SEQ = séquentielle).**

	3 <sup>ème</sup>		4 <sup>ème</sup>		5 <sup>ème</sup>	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
<b>SIM</b>	5.94(1.18)	6.19(.83)	5.85(1.11)	5.36(1.13)	5.93(1.00)	5.24(1.27)
<b>SEQ</b>	5.61(.95)	5.58(.85)	6.18(.98)	5.68(.72)	5.72(1.13)	5.14(1.03)

Sur la première syllabe les participants ont fait en moyenne 85 % d'erreurs et 78 % sur la seconde syllabe. Une ANOVA croisant le niveau scolaire, la condition de présentation et la syllabe, a été réalisée pour contrôler si les deux syllabes ont été mémorisées de façon équivalente en fonction des conditions. En effet, la première syllabe est vue moins longtemps en condition SEQ qu'en condition SIM, alors que ce n'est pas le cas pour la seconde syllabe. Si on suppose que le temps d'exposition de chaque syllabe a un effet sur sa mémorisation, alors on s'attend à observer une interaction entre syllabe et condition, avec une différence significative entre les deux conditions sur la première syllabe mais pas sur la seconde. L'analyse ne révèle pas d'effet significatif du niveau scolaire ( $F(2,85) = 2.49$ , *ns*) ni de la condition de présentation ( $F(1,85) = .63$ , *ns*). Par contre, l'effet de la syllabe est significatif ( $F(1,85) = 38.60$ ,  $p < .0001$ ), montrant que le graphème cible de la seconde syllabe est globalement mieux mémorisé que celui de la première syllabe. Aucun effet d'interaction n'est significatif. Ainsi, cette analyse sur les erreurs effectuées lors de la dictée permet

d'affirmer que le nombre d'erreurs produites est plus important sur la première syllabe, et ce, quel que soit le niveau scolaire et la condition de présentation. Il semble donc que la position du graphème dans le mot soit un élément important pour sa mémorisation. Fondamentalement, cette analyse montre surtout que les erreurs produites sur la première syllabe ne sont pas plus importantes en condition SEQ qu'en condition SIM. Il n'y a donc dans ces résultats aucun élément validant l'hypothèse que c'est le temps d'exposition de la syllabe qui a eu un effet sur sa mémorisation.

### VII.2.3.3 Reconnaissance orthographique

Les résultats à la tâche de reconnaissance sont présentés dans le Tableau 20. Un test de Chi<sup>2</sup> effectué pour chaque condition et chaque niveau scolaire montre que les choix opérés par les participants ne relèvent pas du hasard (Tableau 20, dernière ligne). En fait, il semble que les enfants n'ayant pas mémorisé l'orthographe du pseudo-mot portent leur choix surtout sur l'homophone simple, et peu sur l'autre homophone complexe. Une ANOVA croisant le niveau scolaire (VI inter, 3 modalités 3<sup>ème</sup> année, 4<sup>ème</sup> année et 5<sup>ème</sup> année) et la condition de présentation (VI intra, 2 modalités SIM et SEQ) a été effectuée sur le nombre d'items cibles choisis. Les résultats révèlent un effet principal du niveau scolaire ( $F(2, 85) = 4.9, p < .01$ ). Comme on pouvait s'y attendre, les élèves les plus avancés dans le cursus semblent avoir mémorisé l'orthographe d'un plus grand nombre de pseudo-mots. L'effet principal de la condition de présentation est également significatif ( $F(1, 85) = 5.9, p < .05$ ). Les pseudo-mots cibles ont donc été plus souvent reconnus lorsqu'ils ont été lus dans la condition SIM que dans la condition SEQ (en moyenne 41.9 % vs. 35 % de choix correct). L'effet d'interaction entre le niveau scolaire et la condition de présentation n'est pas significatif ( $F < 1$ ), suggérant que l'effet de la condition expérimentale est le même quel que soit le niveau scolaire. Ces résultats sont en accord avec l'hypothèse selon laquelle, lorsque l'enfant a la possibilité de traiter simultanément toutes les lettres du mot nouveau qu'il lit, il retient mieux à long terme l'orthographe de ce mot.

Nous avons ensuite contrôlé si la condition expérimentale a influencé l'apprentissage de l'orthographe lexicale au-delà de l'influence de la qualité du décodage et de la vitesse de lecture mesurés pendant la phase d'auto-apprentissage. Une analyse de régression intra-items a été réalisée pour tester l'hypothèse selon laquelle la condition de présentation explique une part de la variance du score d'apprentissage des pseudo-mots, indépendamment du décodage, de la vitesse de traitement de la première syllabe, de la

vitesse de lecture et du temps total de traitement (à savoir le temps écoulé entre l'apparition du premier écran et la disparition du deuxième). De plus, la variabilité inter participants a également été prise en compte comme il est recommandé dans les analyses de régression conduites sur des mesures répétées (voir Lorch & Myers, 1990 ; Nation et al., 2007). Une fois la variation inter participants, le décodage des items, les vitesses de lecture et de traitement prises en compte, la condition de présentation apparaît comme étant un facteur prédictif du score obtenu dans la tâche de reconnaissance ( $\beta = .04$ ,  $p < .01$ ). Il est également important de noter qu'une fois la variabilité inter participant prise en compte, le décodage, les différentes mesures de vitesse de lecture et le temps d'apparition de l'item, ne sont plus significativement associés à l'apprentissage de l'orthographe lexicale dans une situation d'auto-apprentissage.

**Tableau 20. Etude 4, Pourcentage de choix sur chaque type d'item dans l'épreuve de reconnaissance en fonction de la condition de présentation (SIM= Simultané vs. SEQ=Séquentiel) et du niveau scolaire (3<sup>ème</sup> à 5<sup>ème</sup> année primaire), résultats du Chi<sup>2</sup>.**

	3 <sup>ème</sup> année		4 <sup>ème</sup> année		5 <sup>ème</sup> année	
	SIM	SEQ	SIM	SEQ	SIM	SEQ
Item cible	35 (18)	28.6 (24)	40.8 (20)	35.7 (22)	50.2 (22)	41.4 (22)
Homophone complexe	18.4 (16.5)	23 (15)	25.5 (16.5)	21.9 (17)	23.6 (14)	22.2 (15)
Homophone simple	46.5 (20)	48.4 (28)	33.7 (22)	42.3 (25)	26.1 (21)	36.5 (23)
Chi <sup>2</sup> (ddl)	26.1 (2)	23.1 (2)	6.9 (2)	12.8 (2)	26.3 (2)	12.1 (2)
p	<.0001	<.0001	<.05	<.01	<.0001	<.01

Compte tenu du fait que certains items ont été mal décodés pendant la phase d'apprentissage, une analyse par items a été conduite pour voir si l'effet de la condition de présentation varie en fonction du décodage de l'item. Une variable intra-item est créée : la variable décodage à 2 modalités, bien lus (le pseudo-mot a été correctement décodé lors des 4 lectures) ou mal lus (au moins 1 erreur de lecture a été faite). Les trois niveaux scolaires n'ont pas été distingués dans ces résultats puisque l'analyse précédente a montré que l'effet de la condition était équivalent quel que soit le niveau scolaire. Dans le Tableau 21 apparaissent les nombres d'items bien ou mal lus en phase d'apprentissage, reconnus ou

non en phase de test, en fonction de la condition de présentation. Une ANOVA 2\*2 a été réalisée sur la quantité d'items reconnus, avec la variable décodage et la condition de présentation (SIM versus SEQ) en facteurs intra-item.

L'effet principal de la condition de présentation est à la limite de la significativité ( $F(1,27) = 4$ ,  $p = .057$ ). L'effet du décodage est significatif ( $F(1,27) = 79$ ,  $p < .001$ ) et indique que les pseudo-mots bien reconnus ont été majoritairement bien lus (88 % pour la condition SIM et 87 % pour la condition SEQ). L'interaction entre décodage et condition est également significatif ( $F(1,27) = 4.6$ ,  $p < .05$ ). Une analyse des contrastes montre en fait que l'effet de la condition de présentation est significatif seulement quand les items ont été bien lus ( $F(1,27) = 4.9$ ,  $p < .05$  ;  $F < 1$  pour les items mal lus). Cette analyse suggère donc que le traitement visuel simultané affecte la mémorisation de l'orthographe des items correctement décodés.

**Tableau 21. Etude 4, Nombre d'items bien reconnus ou non dans la tâche de reconnaissance orthographique, en fonction de la condition de présentation et de la difficulté de décodage (bien lus ou mal lus) lors de la phase d'auto-apprentissage.**

	SIM			SEQ		
	Reconnus	Non reconnus	Total	Reconnus	Non reconnus	Total
Bien lus	227	323	550	187	352	539
Mal lus	31	35	66	29	48	77
Total	258	358	616	216	390	616

#### VII.2.4 CONCLUSION DE L'ÉTUDE 4

Les résultats de l'Etude 3 suggéraient que le traitement visuel simultané était impliqué dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale. Cependant, les besoins de reproduire ces résultats, la nécessité de mieux contrôler la lecture des pseudo-mots lors de la phase d'auto-apprentissage nous ont conduits à mener une deuxième étude. Par celle-ci, nous avons d'une part amélioré le contrôle de la phase d'apprentissage et d'autre part testé l'hypothèse selon laquelle l'effet de la condition SIM existe indépendamment de l'expertise ou du niveau orthographique préalable. Le résultat principal de cette étude est la confirmation d'un effet de la condition de présentation sur la reconnaissance de l'orthographe : les items lus en



condition SIM sont plus souvent reconnus que ceux lus en condition SEQ, quel que soit le niveau scolaire des participants. Les analyses préliminaires montrent que le décodage des items en phase d'apprentissage ne diffère pas en fonction de la condition de présentation (SIM vs. SEQ). L'analyse de régression confirme que l'influence de la condition de présentation sur la reconnaissance n'est pas due à des différences de décodage. La différence observée entre la moyenne des pseudo-mots bien reconnus et lus en condition simultanée et la moyenne des pseudo-mots bien reconnus et lus en condition séquentielle, ne peut être attribuée à une difficulté de lecture induite par la condition séquentielle. Cette différence semble bien due à la possibilité d'effectuer un traitement visuel simultané.

La difficulté de l'épreuve de dictée est encore très importante et engendre de nombreuses erreurs quelle que soit la condition d'apprentissage. L'effet de la condition n'est pas significative sur cette épreuve. Cependant, une analyse des erreurs en fonction des syllabes montre que les erreurs en dictée sont produites essentiellement sur la première syllabe, indépendamment de la condition de présentation. Or, la première syllabe est pourtant vue pendant un temps beaucoup plus important en condition SIM qu'en condition SEQ. Ce résultat suggère que le temps de présentation de la première syllabe, plus long en condition SIM, n'a pas eu d'influence sur la mémorisation de l'orthographe de cette partie de l'item. De plus, dans la condition de présentation simultanée le temps d'exposition à la première syllabe est plus long que celui de la deuxième syllabe. Malgré cela, le nombre d'erreurs est toujours plus élevé sur la première syllabe. Cela suggère que l'apprentissage de l'orthographe lexicale n'est pas dépendant du temps d'exposition de l'item à l'écran.

En résumé, les résultats de cette Etude 4 révèlent que dans une situation d'auto-apprentissage, les enfants de cycle 3 mémorisent mieux l'orthographe des pseudo-mots lorsqu'ils ont eu la possibilité d'effectuer un traitement visuel simultané sur l'ensemble des lettres. Qu'en est-il pour des enfants plus jeunes et de ce fait moins bons lecteurs ? Des études d'auto-apprentissage révèlent que l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales est effective dès la 1<sup>ère</sup> année (Cunningham, 2006 ; Kwon et al., 2007 ; Share, 2004). Cependant, on sait également qu'en début d'apprentissage, les enfants utilisent essentiellement une lecture analytique pour décoder les mots et que l'empan visuo-attentionnel est plus faible (Bosse & Valdois, 2008). La question se pose alors de savoir si l'implication du traitement visuel simultané dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale, démontrée dans les Etudes 3 et 4, est toujours significative pour des enfants plus jeunes.



## VII.3 ETUDE 5

Rocher et Chanquoy (2004) avancent l'hypothèse qu'un traitement visuel analytique précéderait un traitement visuel global dans l'apprentissage de la lecture pour des enfants de dernière année de maternelle. Le traitement visuel évoluerait dès la première année d'apprentissage de la lecture vers un traitement global pour permettre la reconnaissance des mots. Dans leur étude conduite avec des enfants de 1<sup>ère</sup> année, 3<sup>ème</sup> année et 5<sup>ème</sup> année, Bosse et Valdois (2009) montrent que les capacités d'empan visuo-attentionnel augmentent avec l'expertise en lecture. Ces auteurs révèlent également que la contribution de l'EVA dans la lecture est importante et stable à tous les niveaux scolaires pour la lecture des mots irréguliers. Ces données permettent de faire l'hypothèse que l'implication du traitement visuel simultané dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale, révélée dans les Etudes 3 et 4, pourrait se retrouver chez des enfants en début d'apprentissage de la lecture.

### VII.3.1 POPULATION

Soixante-seize enfants issus d'écoles du Gers ont été retenus pour cette étude. Trente-quatre enfants sont scolarisés en 1<sup>ère</sup> année et 42 sont en 2<sup>ème</sup> année. Tous présentaient une intelligence non verbale normale (score au PM47 supérieur au 10<sup>ème</sup> percentile). Le percentile moyen est équivalent entre les deux niveaux scolaires ( $t(74) = 1.69$ , *ns*). Aucun n'a de retard supérieur à 12 mois en lecture. Leur niveau orthographique préalable est mesuré par la tâche de jugement orthographique. Les caractéristiques des participants sont exposées dans le Tableau 22.

**Tableau 22. Etude 5. Caractéristiques des participants par niveau scolaire, 34 enfants de 1<sup>ère</sup> année et 42 de 2<sup>ème</sup> année de primaire. Age réel et âge lexiques moyens (M) en années et mois, écarts-types (ET) et étendues en mois. Score moyen au PM47 et score moyen à la tâche de jugement orthographique sur 42.**

	34 1 <sup>ère</sup> année			42 2 <sup>ème</sup> année		
	M	ET	Etendue	M	ET	Etendue
Age réel	7a1m	3	6a7m-7a7m	7a6m	3	7a3m-8a3m
Age lexique	6a10m	3	6a6m-7a7m	7a8m	9	6a6m-9a11m
PM47	47.21	17.24	25-90	41.07	14.42	25-75
Niveau orthographique	20.32	6.19	10-36	21.90	6.01	12-35

## VII.3.2 MÉTHODOLOGIE

### VII.3.2.1 Matériel

#### *.VII.3.2.1.1 Epreuve contrôle de jugement orthographique*

La tâche de jugement orthographique, permettant d'estimer le niveau des connaissances orthographiques préalables, est construite exactement sur le même principe que celle utilisée dans l'Etude 4, mais les 42 mots cibles sont plus fréquents, 55.83 pour 1 million en moyenne (Lété, Sprenger-Charolles, & Colé, 2004), avec un minimum de 23.99 (produit) et un maximum de 67.45 (loup), Annexe III.

#### *.VII.3.2.1.2 Mesure de l'intelligence non verbale : le PM47*

C'est une forme plus courte du PM38 décrite dans l'Etude 1. Elle compte 36 items regroupés en 3 ensembles (A, B, C) de 12 items chacun. Les élèves entourent leur réponse directement sur chaque planche.

#### *.VII.3.2.1.3 Matériel expérimental*

Les pseudo-mots et la manipulation expérimentale (conditions SIM et SEQ) sont strictement identiques à ceux de l'Etude 4.

### VII.3.2.2 Procédure

La procédure de passation est la même que celle de l'Etude 4, seul le nombre de présentations des pseudo-mots en phase d'apprentissage est plus important : les enfants sont exposés à 6 occurrences de chaque pseudo-mot par texte.

## VII.3.3 RÉSULTATS

### VII.3.3.1 Analyses préliminaires

Les résultats des différents contrôles effectués lors de la phase d'auto-apprentissage sont reportés dans le Tableau 23.

La qualité de décodage dans les deux conditions a été vérifiée. Il semblerait que les enfants de 1<sup>ère</sup> année aient eu quelques difficultés à lire les pseudo-mots. En effet, ils décodent correctement 57 % des items seulement (58 % dans la condition SIM et 57 % dans la condition SEQ). Ces résultats ne se retrouvent pas chez les enfants de 2<sup>ème</sup> année pour lesquels le décodage a été correctement effectué dans 78 % des cas (80 % dans la condition

SIM et 77 % dans la condition SEQ). L'ANOVA effectuée sur le nombre de pseudo-mots correctement lus confirme un effet du niveau scolaire ( $F(1,74) = 21.53, p < .0001$ ), et ne révèle pas de différence significative entre les conditions de présentation ( $F(1,74) = 1.41, ns$ ). L'effet d'interaction est non significatif ( $F < 1$ ). Ainsi, les items ont été aussi bien lus dans la condition SIM que dans la condition SEQ, même pour les plus jeunes. Pour plus de précisions, une analyse sur les erreurs en fonction des syllabes, du niveau scolaire et de la condition de présentation a été réalisée. Une ANOVA croisant le niveau scolaire, la condition de présentation (SIM vs. SEQ) et la syllabe (S1 vs. S2) a été réalisée sur les erreurs effectuées. Si on observe toujours une différence significative entre les 1<sup>ères</sup> années et les 2<sup>èmes</sup> années ( $F(1,74) = 18.33, p < .001$ ), la condition de présentation des pseudo-mots n'a pas impacté la qualité du décodage ( $F(1,74) = 1.77, ns$ ). Les participants ne font pas plus d'erreurs de lecture sur la deuxième syllabe que sur la première ( $F < 1$ ). Aucun effet d'interaction n'est significatif dans cette analyse.

**Tableau 23. Etude 5, Pourcentages de pseudo-mots bien lus, temps d'apparition de la première syllabe (nombre de syllabes par seconde) et vitesse de lecture des pseudo-mots (nombre de PM par seconde) pendant la phase d'auto-apprentissage, en fonction du niveau scolaire (1<sup>ère</sup> année, 2<sup>ème</sup> année) et de la condition de présentation.**

	1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
	SIM	SEQ	SIM	SEQ
<b>% lecture correcte</b>	58 %	57 %	80 %	77 %
<b>Temps de S1</b> (syllabe/s)	.47 (.26)	.42 (.16)	.68 (1.51)	.64 (.83)
<b>Vitesse de lecture</b> (PM/s)	.90 (.3)	.72 (.26)	1.22 (.63)	1.17 (.68)

Pour le temps d'apparition de la première syllabe et la vitesse de lecture, seuls les temps sur les pseudo-mots bien décodés ont été analysés. Deux participants ont été exclus des analyses sur les temps car ils n'avaient décodé aucun item correctement (l'un dans la condition SIM, l'autre dans la condition SEQ). Pour la vitesse de lecture, les temps inférieurs à 150 ms ont été exclus, considérés comme des erreurs de manipulation. Ils représentent 1.4 % des données. Les temps supérieurs à deux écarts-types (14.6 % des données) sont également écartés de l'analyse, et ce indépendamment pour chaque niveau scolaire. Les

mesures des temps ont suivi une transformation logarithmique afin de correspondre à une distribution normale des données (e.g., Ratcliff, 1993 ; Howell, 2007). Le temps d'apparition de la première syllabe est le même quelle que soit la condition de présentation ( $F < 1$ , *ns*), mais diffère en fonction du niveau scolaire ( $F(1,73) = 23.38$ ,  $p < .0001$ ). Plus le participant est avancé dans le niveau scolaire, plus la lecture silencieuse et/ou le fait d'appuyer sur la barre espace, est rapide. Aucun effet d'interaction n'est significatif. La vitesse de lecture est considérée comme étant le temps écoulé entre le début d'apparition de la deuxième syllabe et le début de la lecture à voix haute du participant. Les résultats de l'ANOVA réalisée sur cette variable révèlent un effet significatif du niveau scolaire ( $F(1,72) = 22.57$ ,  $p < .0001$ ), indiquant que les enfants de 2<sup>ème</sup> année lisent plus rapidement les pseudo-mots. L'effet de la condition de présentation est significatif,  $F(1,72) = 8.54$ ,  $p < .01$ . Les participants lisent plus rapidement les pseudo-mots lorsqu'ils sont présentés dans la condition SIM. L'effet d'interaction est non significatif.

**Pour résumer** ; on peut dire d'une part que les 1<sup>ères</sup> années, ont fait beaucoup plus d'erreurs de lecture que les 2<sup>èmes</sup> années. Pour chaque niveau scolaire, la lecture des items est équivalente dans les deux conditions de présentation. Il n'y a pas plus d'erreurs produites sur la première syllabe que sur la seconde, quelle que soit la condition de présentation. Les analyses sur les temps révèlent que plus les participants sont avancés dans le niveau scolaire, plus ils lisent rapidement. Toutefois, on note également une différence dans la vitesse de lecture des items entre les deux conditions de présentation. En condition SIM, les pseudo-mots sont lus plus rapidement.

### VII.3.3.2 Dictée

L'analyse des erreurs en dictée a été réalisée sur le nombre d'erreurs produites en fonction de la syllabe, Tableau 24. La condition de présentation SIM permet de voir plus longuement la première syllabe. On pourrait s'attendre à ce que les erreurs produites en dictée soient moins fréquentes sur S1. Une ANOVA croisant le niveau scolaire, la condition de présentation et le facteur syllabe, infirme cette hypothèse. Si le facteur niveau scolaire est non significatif ( $F < 1$ ), le nombre d'erreurs produites en dictée est plus élevé sur la première syllabe ( $F(1,74) = 34.09$ ,  $p < .0001$ ), alors que c'est la syllabe vue le plus longtemps dans la condition SIM. Le facteur condition de présentation n'est pas significatif ( $F(1, 74) = 1.49$ , *ns*).

Aucun facteur d'interaction n'est significatif. Quelle que soit la condition de présentation, et quel que soit le niveau scolaire, les participants font plus d'erreurs sur S1.

**Tableau 24. Etude 5, Moyennes (écarts-types) du nombre d'erreurs commises lors de la dictée en fonction de la première (S1) ou deuxième syllabe(S2) et en fonction de la condition de présentation des items, simultanée (SIM) ou séquentielle (SEQ), et du niveau scolaire, 1<sup>ère</sup> année ou 2<sup>ème</sup> année.**

	1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
	S1	S2	S1	S2
<b>SIM</b>	6.24 (1.37)	5.65 (1.43)	6.38 (.85)	5.57 (1.09)
<b>SEQ</b>	6.38 (1.37)	5.85 (1.44)	6.40 (.83)	5.60 (1.15)

### VII.3.3.3 Reconnaissance

Les résultats à la tâche de reconnaissance orthographique sont présentés dans le Tableau 25. Les résultats du Chi<sup>2</sup> révèlent que les choix des sujets ne se sont pas faits au hasard, et ce à chacun des niveaux scolaires et quelle que soit la condition. Les 1<sup>ères</sup> années choisissent massivement l'homophone simple. Pour les 2<sup>èmes</sup> années, on peut noter une tendance à choisir plus souvent l'item cible lorsque celui-ci est présenté dans la condition SIM, mais les enfants désignent encore très souvent l'item simple. Une ANOVA, croisant les facteurs niveau scolaire (1<sup>ère</sup> année vs. 2<sup>ème</sup> année) et la condition de présentation (SIM vs. SEQ), est effectuée sur le nombre d'items cibles bien reconnus. L'effet du niveau scolaire est significatif, les 2<sup>èmes</sup> années ont reconnu significativement plus d'items que les 1<sup>ères</sup> années ( $F(1,74) = 15.41, p < .001$ ). L'effet principal de la condition de présentation est aussi significatif, les pseudo-mots sont mieux mémorisés dans la condition SIM que dans la condition SEQ ( $F(1,74) = 5.49, p < .05$ ). Cependant, l'effet d'interaction est aussi significatif ( $F(1,74) = 7.89, p < .01$ ), indiquant que l'effet de la condition n'est pas le même en 1<sup>ère</sup> année et en 2<sup>ème</sup> année. Une analyse de contraste montre que l'effet de la condition n'est significatif qu'en 2<sup>ème</sup> année ( $F(1,74) = 14.83, p < .001$ ) et pas en 1<sup>ère</sup> année ( $F < 1, ns$ ).

**Tableau 25. Etude 5, Scores moyens (écarts-types) des choix opérés dans l'épreuve de reconnaissance orthographique en fonction du type d'item, du niveau scolaire (1<sup>ère</sup> année à 2<sup>ème</sup> année) et de la condition de présentation : (simultanée = SIM, séquentielle = SEQ), analyses de Chi<sup>2</sup>.**

	1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
	SIM	SEQ	SIM	SEQ
Cible	1.15 (.096)	1.24 (1.05)	2.64 (1.53)	1.67 (1.60)
Homophone complexe	1.24 (.96)	1.21 (1.00)	1.57 (1.32)	1.67 (1.39)
Homophone simple	4.65 (1.07)	4.53 (1.56)	2.74 (1.75)	3.57 (1.91)
Chi <sup>2</sup> (dl)	117 (2)	105 (2)	16 (2)	48 (2)
p	<.001	<.001	<.001	<.001

#### **.VII.3.3.3.1 Analyse par items**

Compte-tenu des résultats non significatifs obtenus avec les enfants de 1<sup>ère</sup> année, l'analyse par items sera conduite sur les données obtenues avec les enfants de 2<sup>ème</sup> année. Elle a pour but de voir si l'effet de la condition de présentation varie en fonction du décodage du pseudo-mot. Une variable intra-item est créée, comme dans l'Etude 4. La variable décodage à 2 modalités, bien lus versus mal lus. Dans le Tableau 26 apparaissent les nombres d'items bien ou mal lus en phase d'auto-apprentissage, reconnus ou non en phase de post-test, en fonction de la condition de présentation.

**Tableau 26. Etude 5, Nombre d'items reconnus ou non dans la tâche de reconnaissance orthographique, en fonction de la condition de présentation et de la difficulté de décodage (bien lus ou mal lus) lors de la phase d'auto-apprentissage.**

	SIM			SEQ		
	Reconnus	Non reconnus	Total	Reconnus	Non reconnus	Total
Bien lus	71	118	189	38	127	165
Mal lus	40	65	105	32	97	129
Total	111	183	294	70	224	294

Une ANOVA 2\*2 a été conduite sur la quantité d'items reconnus, avec la variable décodage (bien lus vs. mal lus) et la condition de présentation (SIM vs. SEQ) en facteurs intra-items. L'effet de la condition de présentation est significatif ( $F(1,27) = 14.35, p < .001$ ), confirmant



que les pseudo-mots sont mieux reconnus lorsqu'ils ont été lus dans la condition SIM. L'effet du décodage est également significatif ( $F(1,27) = 4.92, p < .05$ ) puisque la majorité des items reconnus a été bien lue. L'interaction entre ces deux facteurs est à la limite de la significativité ( $F(1,27) = 3.62, p = .06$ ). Cette analyse laisse supposer que chez les enfants de deuxième année, le traitement visuel simultané affecte la mémorisation de l'orthographe des pseudo-mots bien décodés, mais peut-être aussi celle des items mal lus.

### VII.3.4 CONCLUSION DE L'ÉTUDE 5

Les Etudes 3 et 4 ont révélé que le traitement visuel simultané pourrait être impliqué dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale. Des études empiriques (Bosse & Valdois, 2009) laissent penser que les capacités de traitement visuel simultané ont une influence sur la lecture de façon précoce. Par cette Etude 5, nous avons voulu tester l'implication du traitement visuel simultané dans l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales dès le début de l'apprentissage de la lecture. Les résultats de cette étude révèlent que cet apprentissage est plus effectif pour les participants de niveau scolaire plus avancé. Les enfants de 1<sup>ère</sup> année ont eu plus de difficultés à reconnaître les pseudo-mots lus pendant la phase d'auto-apprentissage. Ils ont également eu plus de difficultés à les décoder, ce qui peut expliquer leurs faibles résultats. Toutefois, il est important de noter que, pour des conditions de décodage similaires (autant d'items bien décodés dans les deux conditions de présentation), les pseudo-mots sont mieux reconnus lorsque le traitement visuel simultané a pu être effectué, chez des enfants de 2<sup>ème</sup> année. De plus, l'effet significatif de la condition de présentation simultanée se maintient dans une analyse par items.

On peut noter que les résultats obtenus en dictée sont toujours très faibles, quel que soit le niveau scolaire et quelle que soit la condition de présentation. La difficulté de la tâche de dictée peut expliquer ces faibles performances et l'absence d'effet. Les connaissances orthographiques acquises après quelques lectures d'un nouveau mot semblent suffisantes pour reconnaître parfois ce mot, mais pas pour le produire correctement sous la dictée. Dans la conception du paradigme expérimental, la première syllabe reste à l'écran lorsque la deuxième syllabe apparaît dans la condition simultanée. Alors que dans la condition séquentielle, S1 disparaît à l'apparition de S2. On aurait pu s'attendre à ce que les participants fassent moins d'erreurs sur cette première syllabe. Or les analyses des erreurs en dictée indiquent systématiquement un nombre plus élevé d'erreurs effectuées sur S1. Il

semblerait donc que dans notre paradigme, le temps de présentation à l'écran importe peu dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale.

Par les Etudes 4 et 5, l'implication du traitement visuel simultané dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale a été testée à tous les niveaux scolaires et avec un meilleur contrôle de la vitesse de lecture des pseudo-mots. Les résultats corroborent ceux obtenus dans l'Etude 3 et confirment le rôle du traitement visuel simultané dans l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales. Dans l'étude suivante, nous testerons avec le paradigme de l'Etude 4 l'interaction entre délai et condition de présentation dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale. Comme dans l'Etude 3, nous pensons que l'effet de la condition de présentation devrait être le même quel que soit le délai imposé entre apprentissage et reconnaissance.

## VII.4 ETUDE 6

L'Etude 3 a manipulé la possibilité de traitement visuel simultané dans une lecture de textes imprimés. Les résultats de cette étude suggéraient que les pseudo-mots étaient mieux reconnus lorsque la condition de lecture en phase d'apprentissage laissait la possibilité d'effectuer un traitement visuel simultané, et que cet effet existait aussi bien pour un délai de quelques minutes que de sept jours. Comme dans certaines études d'auto-apprentissage en anglais (Bowey & Muller, 2005 ; Nation et al., 2007), l'augmentation du délai entraînait toutefois une perte générale de la mémoire orthographique (voir cependant Share, 2004, pour le cas d'une langue plus transparente). L'Etude 4 a repris le principe de manipulation du traitement visuel simultané sur une lecture de pseudo-mots isolés, puis d'évaluation de l'impact de cette manipulation sur l'apprentissage des formes orthographiques lues. Sept jours après, les enfants devaient reconnaître les items parmi des distracteurs. Les résultats obtenus montraient que les pseudo-mots étaient mieux reconnus lorsque la condition de présentation laissait la possibilité d'effectuer un traitement visuel simultané. Ce résultat était à nouveau conforme avec l'hypothèse d'un rôle du traitement visuel simultané dans la mémorisation de l'orthographe. Cependant, les taux de bonnes réponses restaient faibles, de 28 à 50 % seulement selon les conditions et le niveau scolaire, pour un seuil de hasard à 33 %. Ces faibles taux de reconnaissance pouvaient s'expliquer par la difficulté de la tâche et par le délai important entre lecture et reconnaissance. Le fonctionnement du modèle de lecture MTM suggérant que les conditions de lecture simultanée ou séquentielle auront toujours un impact sur la mémorisation des items, on peut faire l'hypothèse d'un effet de la condition (simultanée versus séquentielle) quel que soit le taux moyen de réussite et quel que soit le délai entre apprentissage et restitution, comme dans l'Etude 3. Afin de tester cette hypothèse, nous avons conduit une étude comparative en reprenant exactement le paradigme de l'Etude 4 avec des élèves de 5<sup>ème</sup> année appariés aux participants 5<sup>ème</sup> année de cette précédente étude. Les deux groupes ont pu ainsi être intégrés dans une même analyse. Le délai entre lecture et test de reconnaissance était la seule variation de procédure entre les deux groupes : un jour versus sept jours dans l'étude précédente. L'objectif de cette recherche est donc d'une part de tester la reproductibilité des premiers résultats de l'Etude 3 montrant l'impact d'une prise d'information visuelle simultanée sur l'acquisition de

l'orthographe du mot lu, d'autre part de comparer l'effet de cette prise d'information visuelle simultanée sur la mémoire orthographique après un ou sept jours.

### VII.4.1 POPULATION

22 enfants scolarisés en 5<sup>ème</sup> année (âge moyen = 10 ans 7 mois, ET = 4 mois, étendue : 9 ans 6 mois à 11 ans 6 mois) dans différentes écoles du Gers et de la Corrèze ont été soumis au paradigme. Tous présentaient des capacités intellectuelles non verbales normales (percentile moyen au PM38 = 62, ET = 26, étendue : 10<sup>o</sup>- 95 ), leur âge lexique moyen mesuré par le test de l'Alouette, était de 9 ans 10 mois (ET = 12 mois, étendue : 8 ans 4 mois - 13 ans 10 mois). Tous les sujets étaient de langue maternelle française et avaient une vision normale ou corrigée.

**Tableau 27. Etude 6, Caractéristiques générales des participants et tests de comparaison des deux groupes.**

**Age réel et lexique exprimés en mois (écart-type). Résultats des test de Student.**

	Participants	Participants 5 <sup>ème</sup> année de l'Etude 4	t de Student	p
N	<b>22</b>	<b>29</b>		
PM38 (percentile)	62 (25.6)	68 (22.5)	.95	.35
Age réel en mois	126 (2.8)	127 (5)	1.26	.21
Age lexique en mois	118 (12)	124 (18)	1.31	.20

Notre étude intégrant également dans ses analyses les 29 participants de 5<sup>ème</sup> année de l'Etude 4, nous avons vérifié que les deux groupes d'élèves étaient comparables au niveau de leurs caractéristiques principales. Le Tableau 27 donne les caractéristiques des deux groupes au moment de l'expérimentation et les t-tests démontrent leur équivalence.

### VII.4.2 MATÉRIEL

Le matériel expérimental et le paradigme sont identiques à ceux de l'Etude 4. Ils ne seront pas repris en détail ici.

### **VII.4.3 PROCÉDURE**

Pour les 22 sujets de cette étude, la passation se fait en deux sessions. Hormis, la passation du PM 38 qui se fait par demi-classe, tous les autres tests sont passés individuellement dans une salle calme de leur école.

#### **VII.4.3.1 Session 1**

Lors de cette session, les sujets sont confrontés au test de l'Alouette, à la tâche de décision lexicale orthographique (pour description voir Etude 1), suivis de la phase d'apprentissage des pseudo-mots identiques à celle de l'Etude 4 (Etude 4), durant laquelle deux temps sont enregistrés comme dans l'Etude 4, VS1 (vitesse de traitement de la syllabe 1) et VL (temps écoulé entre l'apparition du second écran et le début de la lecture à voix haute).

#### **VII.4.3.2 Session 2**

Le lendemain, les participants sont revus pour la passation des post-tests ; la dictée des pseudo-mots et la tâche de reconnaissance (Etude 3 avec les pseudo-mots de l'Etude 4). Pour finir une dernière épreuve leur est proposée : les tâches de report global et partiel (Etude 1).

### **VII.4.4 RÉSULTATS**

Dans un premier temps, les résultats des mesures prises pendant la phase de lecture sont présentés. Suivent les analyses de la tâche de reconnaissance orthographique. Chaque analyse porte sur les 22 participants de cette nouvelle étude et les 29 participants de 5<sup>ème</sup> année de l'Etude 4.

#### **VII.4.4.1 Analyses préliminaires**

Il était important d'analyser la lecture en phase d'apprentissage, afin de s'assurer qu'une éventuelle différence de mémorisation orthographique entre les deux conditions de présentation n'était pas due à des difficultés de décodage plus importantes dans une condition que dans l'autre. L'analyse portait sur le niveau de décodage et sur les différents temps de traitement mesurés, VS1 et VL. Pour ces mesures, seuls les temps sur les lectures correctes étaient pris en compte. Les erreurs de déclenchement de la clé vocale et les temps aberrants ont également été écartés (3.1 % des données). Enfin, une transformation logarithmique de ces temps a été effectuée pour normaliser les distributions (Ratcliff, 1993).

**Tableau 28. Etude 6, Pourcentage de pseudo-mots correctement lus et vitesses de lecture (en item par seconde) dans chaque condition de présentation (SIM = simultanée, SEQ = séquentielle)**

	SIM	SEQ
<b>% de pseudo-mots correctement lus</b>		
22	89 (10)	87 (10)
29 (Etude 4)	90 (11)	88 (13)
<b>Vitesse de traitement de la Syllabe 1</b>		
22	1.07 (.21)	1.07 (.20)
29 (Etude 4)	1.03 (.28)	1.04 (.28)
<b>Vitesse de Lecture</b>		
22	1.75 (.40)	1.69 (.33)
29 (Etude 4)	1.43 (.31)	1.46 (.38)

Le Tableau 28 présente l'ensemble des mesures contrôles. La plupart des items sont correctement décodés dans les deux groupes et dans les deux conditions de présentation. Une analyse de variance par participants ( $F_1$ ) et par items ( $F_2$ ) a été menée sur chaque mesure, avec le groupe en facteur inter pour  $F_1$ , intra pour  $F_2$ , et la condition de présentation des pseudo-mots en facteur intra pour  $F_1$  et  $F_2$ . L'analyse effectuée sur la performance en décodage des pseudo-mots ne révèle aucune différence, ni entre les deux conditions de présentation ( $F_1(1,49) = 1.31$ ,  $ns$  ;  $F_2(1,13) = 1.45$ ,  $ns$ ), ni entre les deux groupes de participants ( $F_1(1,49)$  et  $F_2(1,13) < 1$ ). L'interaction n'est pas significative ( $F_1(1,49)$  et  $F_2(1,13) < 1$ ). Les deux groupes présentent donc un niveau de décodage équivalent et similaire dans les deux conditions de présentation. L'analyse de la vitesse VS1 ne signale aucune différence entre les conditions de présentation, ni aucun effet d'interaction (tous les  $F_1(1,49)$  et  $F_2(1,13) < 1$ ) ; une légère différence entre les groupes apparaît dans l'analyse par items seulement ( $F_1(1,49) < 1$  ;  $F_2(1,13) = 5.9$ ,  $p < .05$ ). Enfin, l'analyse de la vitesse VL montre une différence significative entre les deux groupes ( $F_1(1,49) = 8.4$ ,  $p < .01$  ;  $F_2(1,13) = 46.5$ ,  $p < .001$ ). Nos 22 participants lisent plus rapidement les items que les 29 participants de l'Etude 4. Aucun autre effet n'est significatif.

En résumé, les résultats des mesures contrôles nous indiquent que les pseudo-mots ont été aussi bien lus et aussi vite lus dans les deux conditions de présentation.

#### VII.4.4.2 Analyse de l'épreuve de reconnaissance orthographique

La tâche de reconnaissance orthographique consistait à choisir le pseudo-mot lu pendant la phase d'auto-apprentissage parmi 3 homophones : la cible, un distracteur complexe et un distracteur simple. Les pourcentages moyens de choix sur chaque type d'homophone, par condition de présentation et par délai, sont présentés dans le Tableau 29. Les 2 groupes de participants correspondent aux 2 modalités de la variable délai : 1 jour pour nos 22 participants et 7 jours pour les 29 participants de l'Etude 4.

Dans un premier temps, nous avons voulu nous assurer que les choix ne relevaient pas du hasard. Les tests de  $\chi^2$  effectués pour la condition SIM ( $\chi^2 = 29.9$  et  $26.3$  respectivement pour le groupe délai 1 jour et pour le groupe délai 7 jours,  $p < .001$ ) et dans la condition SEQ ( $\chi^2 = 8$ ,  $p < .05$  et  $\chi^2 = 12.1$ ,  $p < .01$ ) indiquent que les réponses des sujets diffèrent du hasard dans toutes les conditions. De plus, lorsque le choix ne se porte pas sur l'item cible, les enfants optent plus fréquemment pour l'homophone simple que pour l'homophone complexe. Il semble donc que les participants qui n'ont pas mémorisé l'orthographe du mot n'ont pas non plus mémorisé le caractère complexe de cette orthographe, puisqu'ils choisissent le plus souvent l'orthographe la plus simple.

Les scores de choix corrects ont ensuite été soumis à une ANOVA par participants ( $F1$ ) ou par items ( $F2$ ), avec la condition de présentation (SIM vs. SEQ) en variable intra et le délai (1 jour vs. 7 jours) en variable inter ( $F1$ ) ou intra ( $F2$ ). Les résultats de l'analyse indiquent que, conformément à notre hypothèse principale, les pseudo-mots cibles sont plus souvent reconnus lorsqu'ils ont été lus dans la condition SIM lors de la phase d'auto-apprentissage ( $F1(1,49) = 7.94$ ,  $p < .01$  ;  $F2(1,13) = 6.67$ ,  $p < .05$ ). L'analyse ne révèle ni un effet de la variable délai ni un effet d'interaction (tous les  $F < 1$ ). Il semble donc qu'il n'y ait pas d'oubli plus important de l'orthographe des items lus après 7 jours qu'après 1 jour. De plus, l'effet de la condition de présentation semble stable quel que soit le délai.

**Tableau 29. Etude 6, Pourcentages moyens (et écart-types) des choix sur chaque type d'homophone en reconnaissance orthographique, par condition Sim = simultanée, SEQ = séquentielle) et par délai.**

	Groupe délai 1 jour		Groupe délai 7 jours	
	SIM	SEQ	SIM	SEQ
Cible	50 (24.8)	37 (18.5)	50.2 (22.5)	41.4 (22)
Homophone complexe	14.3 (11.7)	22.7 (14.4)	23.6 (13.9)	22.2 (15.1)
Homophone simple	35.7 (23.2)	40.3 (23.6)	26.1 (21.3)	36.5 (22.8)

Compte tenu du fait que certains items avaient été mal décodés pendant la phase d'apprentissage, une analyse par items a été menée pour voir si l'effet de la condition de présentation variait en fonction du décodage de l'item. Comme aucun effet de groupe n'était observé, ni sur le niveau de décodage ni sur l'épreuve de reconnaissance orthographique, les 51 participants ont été réunis dans l'analyse. Le Tableau 30 présente le nombre de pseudo-mots cibles reconnus ou pas, en fonction de leur condition de présentation (SIM vs SEQ) et de leur décodage correct ou pas en phase d'apprentissage (bien lus vs mal lus). Ont été considérés comme bien lus les items correctement décodés lors des quatre présentations, soit en moyenne 79.5 % des items. Le nombre total d'items est de 714 (14 items \* 51 participants), soit 357 items dans chaque condition.

**Tableau 30. Etude 6, Nombre total d'items reconnus ou pas en fonction de leur condition de présentation et de leur lecture pendant la phase d'apprentissage.**

	Reconnus		Non reconnus	
	SIM	SEQ	SIM	SEQ
Bien lus	145	100	148	175
Mal lus	34	41	30	41
Total	179	141	178	216

Conformément à l'hypothèse d'auto-apprentissage, la plupart des items reconnus ont été décodés correctement pendant la phase d'apprentissage. L'analyse de variance effectuée sur les items reconnus montre sans surprise un effet de la condition de présentation ( $F(1,27) = 8.47, p < .01$ ) et du décodage de l'item ( $F(1,27) = 29.03, p < .001$ ). Plus important, elle révèle un effet d'interaction significatif entre la condition de présentation et le décodage ( $F(1,27) = 15.57, p < .001$ ). Les comparaisons planifiées précisent que la condition de présentation a un effet significatif pour les items bien lus ( $F(1,27) = 16.45, p < .001$ ) mais pas pour les items mal



lus ( $F(1,27) = 1$ ). Comme dans les Etudes 3 et 4, l'effet de la condition de présentation simultanée sur l'apprentissage de l'orthographe lexicale ne semble donc exister que dans le cas où les pseudo-mots ont été correctement lus en phase d'apprentissage.

Le paradigme impliquait un temps de présentation de la première syllabe à l'écran, plus long en condition SIM qu'en condition SEQ. Pour savoir si le temps de présentation à l'écran a joué un rôle dans la mémorisation de l'orthographe, une régression multiple a été conduite pour chaque condition de présentation. La variable dépendante était le nombre d'items reconnus. Les facteurs entrés dans l'analyse étaient le nombre de décodages corrects et le temps de présentation de la syllabe 1 (VS1+VL pour la condition SIM, VS1 pour la condition SEQ). Quelle que soit la condition, l'équation n'est pas significative, aucun facteur entré dans l'analyse n'expliquant une part significative de la variance. Ce constat restait vrai quel que soit le facteur temps entré dans l'analyse (VS1, VL, VS1+VL, tous). Il semble donc que le temps de présentation de chaque syllabe à l'écran n'ait pas eu d'impact significatif sur l'acquisition de l'orthographe des items.

#### **VII.4.5 CONCLUSION DE L'ETUDE 6**

Les résultats obtenus semblent confirmer notre hypothèse principale : la condition où le traitement visuel simultané est possible, est plus favorable à la mémorisation de l'orthographe que l'autre condition. De plus, notre étude permet de préciser que l'effet du traitement visuel simultané est présent à partir d'un délai de un jour (voir aussi Martens & De Jong, 2006) et se maintient après sept jours. Il semble donc que l'effet ne soit pas dû à une perte mnésique plus importante des items acquis en condition séquentielle, mais bien à une différence d'encodage au moment de l'apprentissage. Pour le confirmer, il serait judicieux d'étudier, avec le même paradigme, l'effet du traitement visuel simultané des mots sur la mémorisation de l'orthographe, avec un délai encore plus court. Avec un paradigme différent, les résultats de l'Etude 3 montrent déjà que l'effet de la présentation simultanée existe aussi avec un délai de quelques minutes entre la lecture et le test de reconnaissance orthographique.

Les analyses de régression suggèrent que le temps de présentation des items à l'écran n'a pas eu d'effet significatif sur la mémorisation des items, et donc que l'effet observé ne peut pas s'expliquer par la différence de temps de présentation de la première syllabe entre les conditions. On peut penser que si le temps de présentation de la première syllabe avait eu

un effet, il aurait aussi pu avoir un impact direct sur la qualité du décodage. Or, les items ont été aussi bien lus dans les deux conditions. Cependant, il est évident que des études avec un contrôle plus strict du temps de présentation des items à l'écran sont maintenant nécessaires. Ce sera l'objet des études suivantes, dans lesquelles le paradigme sera modifié pour que le temps d'apparition à l'écran des syllabes soit totalement contrôlé. Ainsi, ce n'est plus le sujet lui-même qui fera apparaître la deuxième syllabe en condition SEQ, elle apparaîtra après un délai fixe. Comme la fixation du temps d'apparition des pseudo-mots à l'écran rend la tâche d'apprentissage encore plus contraignante et difficile, nous avons choisi de tester cette nouvelle version du paradigme sur des participants adultes d'abord.

## VII.5 ETUDE 7

Les Etudes 3 à 6 ont testé l'hypothèse de l'implication du traitement visuel simultané dans l'acquisition de l'orthographe lexicale. Les différents résultats obtenus semblent confirmer l'existence d'un lien causal entre auto-apprentissage de la forme orthographique d'un item et la prise d'informations effectuée simultanément sur l'ensemble des lettres constituant le pseudo-mot lu. Les enfants, de 2<sup>ème</sup> année à la 5<sup>ème</sup> année, ont mieux reconnus les pseudo-mots lus dans la condition simultanée de la phase d'auto-apprentissage. Dans chacune des études, il a été vérifié que la condition de présentation ne gênait pas le décodage. Les participants ont aussi bien lus les items dans la condition simultanée que dans la condition séquentielle. De même, dans les Etudes 4 et 5, il a été précisé que la vitesse de lecture, à savoir le temps écoulé entre le début de l'apparition de la deuxième syllabe (S2) et le début de la lecture à haute voix, était identique dans les deux conditions d'apprentissage. Toutefois, le paradigme de ces études impliquait un temps d'apparition de la première syllabe plus long dans la condition SIM que dans la condition SEQ. Les comparaisons entre syllabes, au niveau de la lecture et de la dictée, suggèrent que cette différence n'a pas eu de conséquence sur le traitement. Cependant, il semble important de contrôler à priori ce facteur. Ainsi, fixer le temps d'apparition des syllabes à l'écran permettrait d'améliorer le paradigme. Cela éviterait également que le sujet soit actif dans le défilement des écrans. En effet, dans le paradigme des Etudes 4 à 6, lorsque le sujet a lu S1, il doit appuyer sur la barre espace pour faire apparaître S2. Cette action peut engendrer une interférence entre l'acte moteur et la lecture de l'item. Si les temps d'apparition sont fixés, le sujet n'aura plus qu'à lire le pseudo-mot sans se préoccuper de taper sur la barre espace, ce qui élimine une variabilité inter participants. De plus, le temps par syllabe sera identique dans les deux conditions de lecture.

L'objectif principal de l'Etude 7 est donc de mieux contrôler le temps d'apparition des syllabes à l'écran en le fixant a priori, pour que chaque syllabe apparaisse pendant un temps identique dans les conditions SIM et SEQ. Nous pensons cependant que dans ces conditions, avec un temps de présentation qui n'est plus contrôlée par les participants, le paradigme d'auto-apprentissage sera encore plus difficile. Dans un premier temps, nous proposons donc de tester ce nouveau paradigme auprès de participants adultes. En effet, l'apprentissage de l'orthographe lexicale ne s'arrête pas à la fin des études. Toute notre vie,

nous sommes confrontés à des mots nouveaux dont il faut mémoriser la forme orthographique. Les adultes, comme les enfants, utiliseraient différentes stratégies pour la mémorisation de l'orthographe lexicale (Kwong & Varnhagen, 2005). Ainsi, l'objectif secondaire de l'Etude 7 sera de tester l'hypothèse selon laquelle le traitement visuel simultané est également impliqué dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale chez l'adulte.

### **VII.5.1 POPULATION**

Vingt-trois étudiants de l'IUFM de Grenoble ont participé à cette étude. Ils sont tous de langue maternelle française et ont une vision normale ou corrigée. Leur moyenne d'âge est de 39 ans (ET = 9 ans), et ont un niveau d'études supérieures de 3,5 ans après le bac en moyenne. Leur niveau en orthographe lexicale a été estimé par une dictée de 60 mots irréguliers ou inconsistants. Leur score moyen est 46.2 (ET = 7.7, Etendue = 24-56). Leur empan visuo-attentionnel a été évalué avec les tâches de report global et de report partiel adaptées aux adultes. Leur pourcentage moyen de réussite à ces tâches est de 86.8 % (ET = 16.1, Etendue = 34.3-98.7).

### **VII.5.2 MÉTHODOLOGIE**

#### **VII.5.2.1 Matériel de Pré-test**

##### ***.VII.5.2.1.1 Les connaissances orthographiques : dictée de mots***

Soixante mots inconsistants ou irréguliers ont été sélectionnés dans la base de données Lexique (New, Pallier, Ferrand, & Matos, 2001). Trente mots ont une fréquence rare (moyenne fréquence livres = .44, ET = .29, étendue .07-.95) et 30 mots sont plus fréquents (moyenne fréquence livres = 7.70, ET = 7.45, étendue 1.15-33.24). Les mots retenus pour cette tâche comportent en moyenne 7 lettres (ET = 1.7, Etendue 4-11), 5 phonèmes (ET = 1.5, Etendue 2-10) et 2 syllabes (ET = .7, Etendue 1-4). La liste des mots est présentée en Annexe IV.

##### ***.VII.5.2.1.2 L'empan visuo-attentionnel***

L'EVA est évalué par les tâches de report global et partiel. Ces tâches sont décrites dans l'Etude 1. Elles sont toutefois adaptées pour les adultes avec un temps de présentation réduit à 150 ms.

### VII.5.2.2 Matériel d'auto-apprentissage

Les pseudo-mots sont identiques à ceux utilisés dans les Etudes 4 à 6. Les 14 items apparaissent 2 fois chacun, de manière isolée et dans un ordre aléatoire sur un écran d'ordinateur (police bold Courier New, taille 24). Le temps d'apparition de chaque lettre est de 200 ms (Figure 22), ce qui correspond au temps moyen de fixation entre deux saccades effectuées par un bon lecteur en situation de lecture de texte.

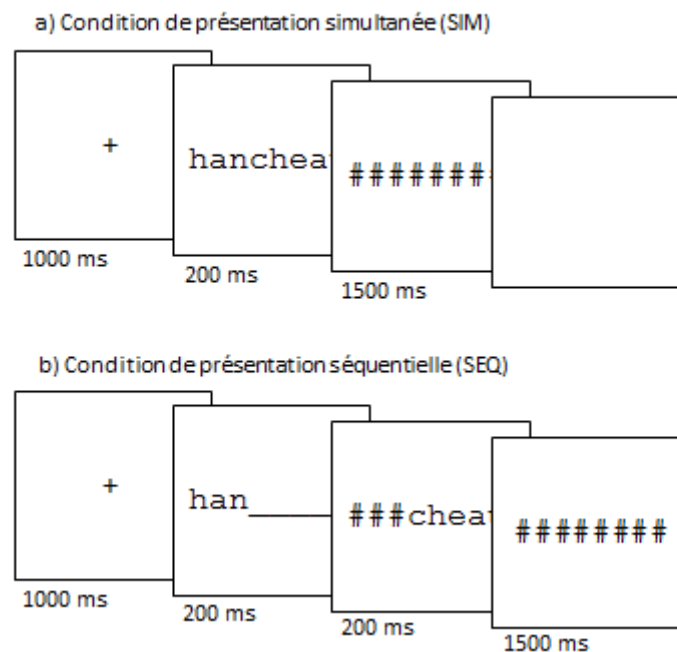


Figure 22. Etude 7. Condition de présentation simultanée (a) et séquentielle (b) en phase d'apprentissage.

Dans la condition SIM, toutes les lettres du pseudo-mot apparaissent simultanément après le point de fixation et restent 200 ms à l'écran (Figure 22a). Dans la condition SEQ, la première syllabe apparaît pendant 200 ms accompagnée d'un trait sous l'emplacement de la syllabe deux, qui apparaît ensuite également 200 ms, accompagnée d'un masque à l'emplacement des lettres de la première syllabe (Figure 22b). Après l'apparition du mot, un masque reste à l'écran 1500 ms, et le participant doit lire l'item vu à haute voix.

### VII.5.2.3 Post-tests

La tâche de dictée est identique à celle des Etudes 4 à 6. La tâche de reconnaissance qui lui succède est informatisée (E-Prime 2.0 Software, Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA). Seuls les pseudo-mots homophones complexes sont présentés dans cette épreuve. Chaque paire d'items homophones (i.e., celui du set A et celui du set B, voir Tableau 17) apparaît en

même temps à l'écran (Figure 23.), une seule fois. Les participants doivent appuyer sur la touche « Q » ou « M » du clavier selon qu'ils choisissent l'item de gauche ou de droite. Les items restent à l'écran jusqu'à ce que les participants aient effectué leur choix. Le temps de réaction (TR) est enregistré. L'enregistrement de ce temps est déclenché à l'apparition de la paire d'homophones et s'arrête lorsque le sujet répond.

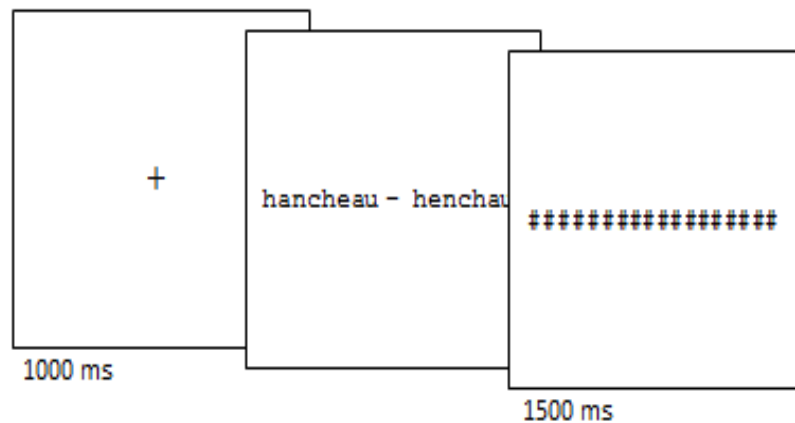


Figure 23. Etude 7, Tâche de reconnaissance entre deux homophones.

### VII.5.3 PROCÉDURE

Les sujets sont vus en deux sessions.

#### VII.5.3.1 Session 1

Lors de la première session, la tâche de report global et partiel, pour mesurer leur empan visuo-attentionnel, et la tâche de lecture de pseudo-mots, leur sont proposées.

#### VII.5.3.2 Session 2

Ils sont revus le lendemain pour les post-tests : dictée puis reconnaissance des pseudo-mots lus la veille. La dictée de 60 mots irréguliers est finalement proposée afin de mesurer le niveau orthographique préalable.

## VII.5.4 RÉSULTATS

### VII.5.4.1 Analyses préliminaires

La qualité du décodage dans chacune des conditions de présentation a été vérifiée. Un t-test a été réalisé comparant les moyennes des erreurs produites lors de la phase d'auto-apprentissage en fonction de la condition de présentation. Tout comme dans les études précédentes, aucune différence n'est observée dans les deux conditions de présentation. Avec en moyenne 6.2 % d'erreurs effectuées dans la condition SIM et 8.7 % dans la condition SEQ, le décodage est bon dans les deux conditions de présentation ( $t(22) = -1.12$ , *ns*).

### VII.5.4.2 Dictée

Le score dictée mot entier est pris en compte pour cette analyse (Tableau 31). L'exercice s'est avéré très difficile. Peu de pseudo-mots sont correctement orthographiés (16.7 % pour la condition SIM et 8.7 % pour la condition SEQ). Toutefois, l'effet de la condition de présentation est significatif ( $t(22) = 2.41$ ,  $p < .05$ ). Conformément à notre hypothèse, leur production orthographique est meilleure lorsque les sujets ont pu effectuer une prise d'informations simultanée sur l'ensemble des lettres de l'item.

Le score par graphème est déterminé en comptabilisant le nombre de graphèmes cibles correctement orthographiés (deux par item). Le score maximum est de 14 par condition de présentation (Tableau 31). Les analyses de ce score par graphème ne révèlent pas d'effet significatif de la condition de présentation ( $t(22) = 0.77$ , *ns*). Ce résultat montre bien que c'est le traitement visuel de toutes les lettres du mot qui favorise la mémorisation de la forme orthographique du mot.

### VII.5.4.3 Reconnaissance orthographique

Les scores obtenus à cette tâche sont le nombre d'items correctement reconnus et le temps de réaction (TR) sur les items bien reconnus. Les temps de réaction inférieurs à 150 ms sont écartés. Un dernier tri est ensuite effectué, conservant les TR inférieurs à 2 écarts-types. Une transformation logarithmique est finalement réalisée.

**Tableau 31. Etude 7, Moyennes (écart-type) sur les tâches de reconnaissance orthographique et de dictée en fonction de la condition de présentation (SIM = simultanée, SEQ = séquentielle)**

	SIM	SEQ
<b>Tâche de reconnaissance</b>		
Score (max = 7)	5 (1.24)	4.48 (.90)
Temps de réaction (ms)	1327 (419)	1429 (369)
<b>Tâche de dictée</b>		
Score Mots entiers (max = 7)	1.17 (.94)	.61 (.66)
Score Graphèmes (max = 14)	4.91 (1.95)	4.52 (1.78)

Un test de  $\chi^2$  réalisé sur le nombre de pseudo-mots bien reconnus dans la condition simultanée permet d'affirmer que le choix des sujets n'a pas été fait au hasard entre les deux homophones ( $\chi^2 = 89.9$ ,  $p < .0001$ ). Il en est de même pour les réponses effectuées dans la condition séquentielle ( $\chi^2 = 85.22$ ,  $p < .0001$ ).

Cette nouvelle tâche révèle de bons résultats d'apprentissage. Presque 75 % des pseudo-mots ont été correctement reconnus en moyenne. On s'attendait à ce que les sujets reconnaissent plus les items lorsqu'ils ont pu effectuer un traitement visuel simultané durant la phase d'apprentissage. On s'attendait aussi à ce que le temps de réaction diffère en fonction de la condition de présentation. Or, les différences observées entre les 2 conditions de présentation, tant sur le score que sur le temps de réaction, ne sont pas significatives (respectivement  $t(22) = 1.63$ ,  $ns$  et  $t(22) = -1.87$ ,  $p = .08$ ) avec toutefois une tendance pour les sujets à reconnaître plus rapidement l'item cible lorsque celui-ci a été lu dans la condition SIM.

### VII.5.5 CONCLUSION DE L'ETUDE 7

Les différents résultats obtenus révèlent que, quelle que soit la condition de présentation (SIM vs. SEQ), les pseudo-mots sont correctement décodés. Le temps de présentation de chaque syllabe, fixé à 200 ms, était suffisant pour permettre la lecture des items quelle que soit sa condition de présentation. Les résultats obtenus lors de la tâche de dictée semblent aller dans le sens de notre hypothèse. La forme orthographique des pseudo-mots est mieux mémorisée lorsque le traitement visuel simultané n'a pas été empêché. De plus, il est



important de noter que la condition de présentation a eu un impact sur le score mot entier mais pas sur le score par graphème, corroborant d'autant plus l'importance d'un traitement simultané dans l'apprentissage de l'orthographe. C'est bien la connaissance orthographique spécifique du mot entier qui est modulée par le traitement visuel simultané.

Toutefois, dans la tâche de reconnaissance, les résultats sont non significatifs. La différence des scores obtenus entre les deux conditions de présentation est faible et non significative. Une tendance conforme à notre hypothèse est observée sur les temps de réaction, mais n'est pas significative non plus. Ainsi, dans cette étude d'auto-apprentissage chez l'adulte, nous avons pu mettre en évidence un effet de la condition de présentation sur la dictée mais pas sur la reconnaissance, à l'inverse de ce que nous avons obtenu dans les études précédentes chez l'enfant.

Dans la condition simultanée, la prise d'informations pouvait se faire simultanément sur toutes les lettres du mot. Par contre, dans la condition séquentielle, cette prise simultanée d'informations était impossible. Cependant, une autre différence existe entre les conditions, qui pourrait expliquer l'avantage de la condition SIM. Dans la condition SIM, le mot est présenté 200 ms en position centrale, le sujet n'effectue a priori aucune saccade oculaire pour traiter l'item. Dans la condition SEQ, la présentation de 200 ms de la syllabe 1 à gauche du point de fixation puis de la syllabe 2 à droite, incite le lecteur à effectuer une ou même deux saccades oculaires (une entre le point de fixation et S1, l'autre entre S1 et S2). Cela pourrait avoir gêné le traitement de l'item et eu des conséquences sur la mémorisation. Ainsi la différence d'apprentissage entre les deux conditions de présentation pourrait être attribuée non pas à la possibilité de traitement visuel simultané mais à la gêne occasionnée par la ou les saccades oculaires en condition SEQ.

Par la modification du paradigme expérimental, nous allons contrôler dans l'étude suivante l'impact de la saccade oculaire dans la mémorisation de la forme orthographique des pseudo-mots. Nous répondrons ainsi à la question de l'éventuelle gêne occasionnée par la saccade oculaire dans la condition séquentielle.



## VII.6 ETUDE 8

Dans la condition séquentielle de l'Etude 7, nous présentions la première partie du pseudo-mot à gauche du point de fixation et la deuxième partie à droite. Le lecteur était ainsi amené à effectuer une saccade oculaire qui pouvait l'empêcher d'allouer normalement son attention, notamment sur la seconde syllabe. Dans l'étude 8, nous avons modifié la présentation des items dans la condition de lecture séquentielle de façon à ne plus induire aucune saccade oculaire.

On s'attend à ce que la condition de lecture séquentielle, même sans saccade oculaire, gêne toujours l'acquisition de l'orthographe des items. Selon notre hypothèse, c'est bien l'impossibilité d'un traitement visuel simultané qui gêne l'apprentissage de l'orthographe lexicale.

### VII.6.1 POPULATION

Vingt-huit participants de toutes catégories socio-professionnelles ont participé à cette étude. Ils sont tous de langue maternelle française et ont une vision normale ou corrigée. Leur moyenne d'âge est de 27 ans (ET = 4 ans), et ont un niveau d'études supérieures de 3.5 ans après le bac en moyenne. Leur score moyen en dictée de mots irréguliers (épreuve de dictée décrite Etude 7) est de 40.8 sur 60 (ET = 9, Etendue = 18-55). Leur empan visuo-attentionnel a été évalué avec les tâches de report global et de report partiel adaptées aux adultes. Leur pourcentage moyen de réussite à ces tâches est de 87.25 % (ET = 10.8, Etendue = 62-100).

### VII.6.2 MÉTHODOLOGIE

#### VII.6.2.1 Construction des pseudo-mots

La liste des phonèmes cibles est identique à celle de la construction des pseudo-mots de l'Etude 7. Cependant, dans un souci d'amélioration du matériel, les pseudo-mots ont été reconstruits en prenant en compte un critère supplémentaire par rapport aux études précédentes : l'occurrence des syllabes. En effet, après ce contrôle, quelques items de l'Etude 7 se sont avérés n'avoir aucune occurrence dans la langue (e.g., dans « hancheau », la syllabe « cheau » n'existe pas en fin de mot).

Pour ces nouveaux items (Tableau 32), toujours aucune syllabe ne correspond à un mot réel en français mais l'occurrence de chaque syllabe a été vérifiée comme étant non nulle avec la base de données Lexique. Par exemple, pour l'item « handeau », la première syllabe existe dans le mot « hanche » et la seconde dans « cadeau ». La répartition des items au sein des sets et sous-sets suit les mêmes critères que dans l'Etude 7. Ainsi le phonème /ε/ sera dans les items /bɛkar / et /lɛfɔ̃ /. Il sera écrit «ei » dans le pseudo-mot « beicart » du set A et « leiphon » du set B, mais également « ai » dans « laiffon » du set A et « baicare » du set B. Une ANOVA croisant le facteur set (A ou B), le facteur sous-set (1 ou 2) et le facteur syllabe (S1 ou S2) indique qu'il n'y a pas de différence dans les occurrences des syllabes entre set et sous-set ( $F < 1$ ). Par contre, les occurrences des premières syllabes sont plus élevées que celles des secondes syllabes ( $F(1,24) = 7.55, p < .05$ ).

**Tableau 32. Pseudo-mots utilisés pour les études 8 et 9.**

Set A	Set B	Sous-set
beicart	baicare	1
dautti	dôthie	1
fainphon	feinffon	1
hantaque	hentak	1
karône	quaronne	1
ryteau	rhita	1
scivale	civalle	1
cironne	scirône	2
feinvale	fainvale	2
hendau	handedau	2
laiffon	leiphon	2
pôtha	pautta	2
qualcare	kalcart	2
rhita	rytaque	2

#### VII.6.2.2 Paradigme expérimental

La phase d'apprentissage repose sur le même principe que dans l'Etude 7, à savoir lire des pseudo-mots présentés deux fois chacun de manière isolée et aléatoire sur un écran d'ordinateur. La moitié des items sera lue dans la condition simultanée (SIM) identique à celle de l'Etude 7 (temps de présentation 200 ms). L'autre moitié sera lue dans la condition séquentielle (SEQ) qui diffère de celle de l'Etude 7 par la place de chaque syllabe, présentée successivement en position centrale pendant 200ms (Figure 24b). Ainsi, dans cette condition,

aucune saccade oculaire n'est nécessaire au traitement visuel de chaque syllabe en vision fovéale, et la syllabe 2 sert de masque à la syllabe 1. La phase de test de l'orthographe des items est identique à celle de l'Etude 7, avec une dictée des pseudo-mots suivie d'un test de reconnaissance.

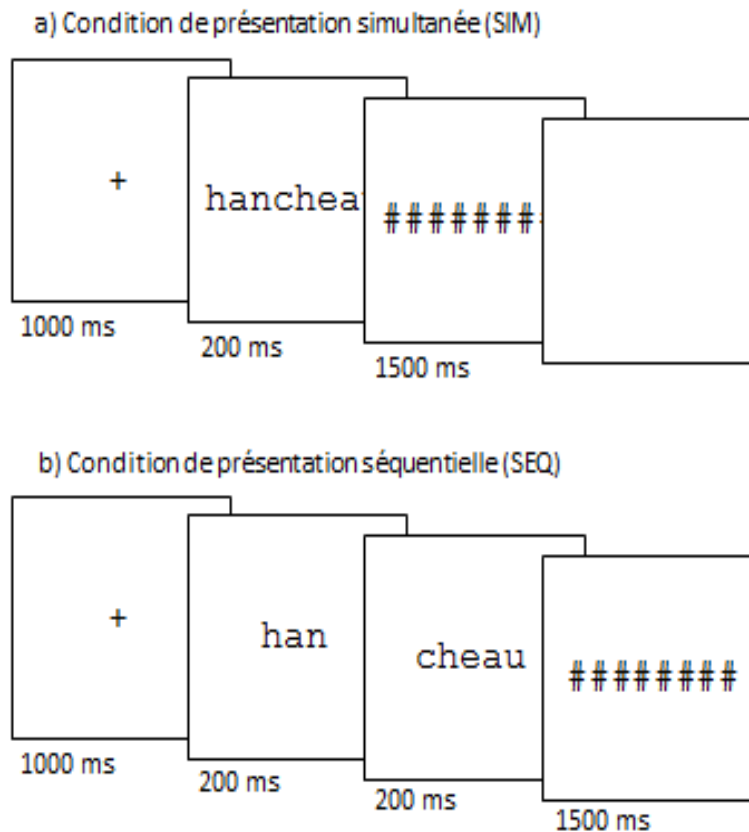


Figure 24. Etude 8, Présentation des items dans la condition simultanée (a) et séquentielle (b).

### VII.6.3 PROCÉDURE

Les participants sont vus en deux sessions de 25 minutes chacune.

#### VII.6.3.1 Session 1

Les tâches de report global et partiel sont données pour mesurer l'empan visuo-attentionnel. Puis la phase d'auto-apprentissage des pseudo-mots se déroule après la passation de 10 items d'entraînement. Pendant cette phase, le décodage et la vitesse de lecture sont mesurés.

### VII.6.3.2 Session 2

Le lendemain, l'apprentissage de l'orthographe est mesuré avec une tâche de dictée suivie de la tâche de reconnaissance informatisée. Pour finir, une dictée de 60 mots irréguliers est donnée pour mesurer leur niveau orthographique préalable.

## VII.6.4 RÉSULTATS

### VII.6.4.1 Analyses préliminaires

Il est important de s'assurer que le décodage est bon dans les deux conditions de présentation. Les items sont globalement bien lus (88 % en condition SIM et 87.5 % en condition SEQ). Le test de Student a permis de comparer les moyennes de pseudo-mots bien décodés dans les deux conditions de lecture (SIM vs. SEQ). Les résultats non significatifs ( $t(27) = 0.33$ , *ns*) indiquent que la nouvelle présentation des pseudo-mots dans la condition SEQ n'a pas gêné leur lecture, (Tableau 33). La rapidité de lecture a également été mesurée dans cette étude. Après transformation logarithmique des temps (Ratcliff, 1993, Howell, 2007), l'analyse ne révèle pas non plus d'impact de la condition de présentation sur la rapidité de lecture des items ( $t(26) = .55$ , *ns*). Les deux conditions d'apprentissage ont donc permis une lecture aussi bonne et aussi rapide des items.

**Tableau 33. Etude 8, Moyennes (écart-type) et étendues des mesures prises sur la lecture en phase d'apprentissage (TR = Temps de Réaction en millisecondes) en fonction de la condition de présentation (SIM vs. SEQ). Pour chaque condition de présentation, le score maximum de bonnes lectures est de 14 (2x7).**

	SIM		SEQ	
	Moyenne (écart-type)	Etendue	Moyenne (écart-type)	Etendue
Décodage (max = 14)	12.36 (1.50)	9-14	12.25 (1.88)	8-14
TR (ms)	582 (268)	429-1890	544 (71)	397-683

### VII.6.4.2 Post-tests : dictée et reconnaissance

Les différents résultats obtenus aux post-tests et les résultats des analyses statistiques sont reportés dans le Tableau 34. De manière globale, les résultats en dictée sont relativement faibles. Après avoir mieux contrôlé la construction des pseudo-mots, un meilleur score que dans l'Etude 7 était attendu en production orthographique et cela ne semble pas le cas.

Seuls 19 % des items ont été bien orthographiés dans la condition SIM et 12 % dans la condition SEQ. Cependant, malgré ces faibles scores, l'analyse statistique montre un profil de résultats identique à celui de l'étude précédente, avec un meilleur score en dictée, lorsque celui-ci est comptabilisé en mot entier, pour les mots lus en condition SIM que pour ceux lus en condition SEQ ( $t(27) = 2.25, p < .05$ ). La significativité de la condition de présentation n'apparaît pas lorsque le score est comptabilisé sur le nombre de graphèmes cibles correctement orthographiés ( $t(27) = 1.77, ns$ ). Il semble donc que c'est bien le fait de pouvoir effectuer un traitement visuel simultané sur l'ensemble des lettres des pseudo-mots qui favorise l'apprentissage de leur forme orthographique. Les résultats obtenus lors de la tâche de reconnaissance confirment l'effet du facteur condition de présentation : 74 % des pseudo-mots bien reconnus pour la condition SIM et 62 % pour la condition SEQ ( $t(27) = 2.33, p < .05$ ). L'effet de la condition de présentation n'est pas significatif sur la variable temps de réaction ( $t(26) = 0.24, ns$ ).

**Tableau 34. Etude 8, Moyennes (écart-types) sur les tâches de reconnaissance et de dictée en fonction de la condition de présentation (SIM = simultanée, SEQ = séquentielle)**

	SIM	SEQ
<b>Tâche de reconnaissance</b>		
Score (max = 7)	5.14 (1.33)	4.32 (1.56)
Temps de réaction (ms)	1356 (431)	1355 (488)
<b>Tâche de dictée</b>		
Score Mots entiers (max = 7)	1.11 (1.07)	.57 (1.07)
Score Graphèmes (max = 14)	5.04 (2.19)	4.43 (1.87)

### VII.6.5 CONCLUSION DE L'ÉTUDE 8

Les analyses effectuées sur la lecture en phase d'apprentissage révèlent que celle-ci est aussi bonne dans la condition SIM que dans la condition SEQ. Les pseudo-mots sont aussi bien lus dans les deux conditions. La différence des temps de lecture est non significative, suggérant que la condition SEQ n'a pas gêné le décodage.

Cette étude confirme l'impact du traitement visuel simultané dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale, même chez les adultes. En effet, lorsque le traitement visuel simultané a pu être effectué, les pseudo-mots ont été mieux écrits et même mieux reconnus. L'impact de la condition de présentation sur la production écrite des pseudo-mots semblent très similaire dans les Etudes 7 et 8 (Tableaux 31 et 34), bien que ces études n'aient pas été directement comparées en raison d'un matériel légèrement différent (pseudo-mots modifiés). Il semble que ce n'est pas le fait d'avoir à effectuer une saccade oculaire qui empêche l'apprentissage de l'item en condition SEQ, mais bien l'impossibilité d'effectuer un traitement visuel simultané qui gêne la mémorisation orthographique dans cette condition.

Dans l'Etude 8, nous avons strictement contrôlé les temps d'apparition des lettres des items dans les deux conditions (200ms). Cependant, ce contrôle strict a engendré des temps de traitement du mot entier, différents entre les conditions. Alors qu'en condition SIM, les items entiers étaient traités en 200ms puis prononcés, le traitement de l'item entier en condition SEQ était deux fois plus long (200+200ms) avant la prononciation à voix haute. Si, comme on peut le supposer, un temps de traitement du mot plus long favorise la mémorisation, alors la condition SEQ de notre paradigme est avantagée. Dans ce cas, la mise en évidence d'un avantage de la condition SIM dans la mémorisation souligne encore plus l'importance de la simultanéité du traitement sur la mémorisation de l'orthographe.

Cependant, on peut aussi supposer l'effet contraire du temps de traitement du mot, c'est à dire qu'un temps de traitement plus long défavorise l'apprentissage par exemple, car il solliciterait plus la mémoire de travail. Dans ce cas, la condition SEQ est défavorisée et l'effet de supériorité de la condition SIM pourrait n'être qu'un effet du temps de traitement du mot. L'un des objectifs des Etudes 9 et 10 est de répondre à ce questionnement en différenciant l'effet de la condition de présentation (SIM vs SEQ) de l'effet du temps total de traitement du mot. L'Etude 9 a été menée chez l'adulte sur un paradigme d'apprentissage de mots isolés reprenant les conditions de présentation de l'Etude 8, l'Etude 10 concerne à nouveau l'enfant et l'apprentissage de mots en contexte.



## VII.7 ETUDE 9

Dans cette étude, le paradigme de l'Etude 8 a été repris en intégrant une variable temps de présentation. L'objectif est donc de tester l'hypothèse selon laquelle, quel que soit le temps de présentation des items, l'important pour mémoriser la forme orthographique d'un item est de pouvoir effectuer un traitement visuel simultané.

### VII.7.1 POPULATION

Soixante-quatre sujets de toutes catégories socio-professionnelles ont participé à cette étude. Ils sont tous de langue maternelle française et ont une vision normale ou corrigée. Ils sont répartis en deux groupes (1 et 2) de 32 participants. Des tests de Student ont été effectués pour comparer les deux groupes au niveau de leurs caractéristiques générales. Les résultats sont non significatifs, et indiquent que les deux groupes sont homogènes. Cependant, ils sont comparables pour toutes les évaluations cognitives effectuées : empan visuo-attentionnel ( $t(62) = -.19$ , *ns*), empan de mémoire verbale à court terme ( $t(62) = -0.75$ , *ns*) et de travail ( $t(62) = -1.13$ , *ns*), dictée de mots irréguliers ( $t(62) = 0.95$ , *ns*). Les caractéristiques moyennes des deux groupes sont présentées dans le Tableau 35.

**Tableau 35. Etude 9. Caractéristiques des participants répartis dans les groupes 1 et 2. Age réel moyen et écart-type (ET), niveau d'études après le bac, score de l'empan visuo-attentionnel (EVA) exprimé en pourcentage, scores obtenus à la tâche de mémoire verbale (empan de chiffres endroit et empan de chiffres envers), niveau orthographique.**

	Groupe 1		Groupe 2		t-test
	Moyenne	ET	Moyenne	ET	
Age (années et mois)	24a 11m	9a 5m	21a 10m	3a 9m	1.74
Etudes post-bac	2a 2m	1a 3m	2a 1m	10m	.035
EVA (%)	84.7%	12.6	85.3%	10.51	-0.19
Empan endroit	7.1	1.8	7.5	2	-0.73
Empan envers	6.3	1.8	6.9	2.3	-1.13
Dictée (sur 60)	34.6	9.7	32.3	9.5	0.95

## VII.7.2 MÉTHODOLOGIE

### VII.7.2.1 Construction des pseudo-mots

Dans un souci d'amélioration du matériel à apprendre, de nouveaux items ont été construits sur les mêmes critères que ceux de l'Etude 8, mais en contrôlant aussi la fréquence des trigrammes et plus seulement la fréquence des syllabes. En effet, les items des études précédentes contiennent des trigrammes inexistants dans la langue française (e.g., « dein »). Des études de plus en plus nombreuses soulignent en effet l'impact des fréquences grapho-tactiques sur la mémorisation et la production orthographique (e.g., Pacton et al., 2008). Les items construits pour cette étude sont donc constitués uniquement de trigrammes existants et non rares (Manulex Infra, Peereman et al., 2007).

Douze paires de pseudo-mots dissyllabiques ont été créées. Ils ont de 5 lettres à 9 lettres (moyenne = 6,5, écart-type = 1,14). Au préalable, une liste de 12 phonèmes et 24 graphèmes cibles a été établie, Tableau 36.

**Tableau 36. Etude 9, Liste des 12 phonèmes cibles, leurs 2 graphies cibles et la fréquence par million (Manulex infra) de chaque graphie**

	Position	Graphie 1	Fréquence	Graphie 2	Fréquence
/ɛ/	milieu	ai	726.47	ei	35.42
/o/	milieu	o	6671.74	au	5416.8
/i/	milieu	y	720.59	ind	73378.06
/f/	début	f	22290.3	ph	1960.05
/ar/	fin	ard	1047.38	art	395.4
/i/	fin	ie	3773.67	it	10333.97
/õ/	fin	ont	4964.88	ond	4964.88
/ẽ/	milieu	ein	453.62	ain	1177.51
/s/	fin	ce	6951.74	sse	2846.64
/ã/	milieu	en	19969.52	an	32411.05
/ẽ/	fin	int	703.72	in	3652.5
/l/	milieu	ll	129901.81	l	49132.09

Chaque pseudo-mot contient 2 phonèmes cibles qui apparaissent chacun dans une syllabe différente. Les items ne sont constitués que de trigrammes existants et ayant une fréquence

supérieure à 13.54<sup>5</sup>. Dans la mesure du possible, chaque syllabe écrite ne correspond pas à un mot existant. Si tel est le cas (6 syllabes sur 48), le mot est peu fréquent (tond=1.68 ; vain=18.11 ; gard=.75 ; for=.41 ; loi=23.92 ; nie=2.05). Chaque pseudo-mot est décliné en deux versions orthographiques réparties dans un set différent. Dans chaque set, les 2 graphèmes possibles d'un même phonème sont présents dans 2 pseudo-mots différents. Ainsi, chaque set contient les 24 graphèmes cibles (Tableau 37).

**Tableau 37. Etude 9, Liste des 24 pseudo-mots et leur répartition dans les sets A et B et sous-sets.**

Set A	Set B	Sous-set
cleintont	claintond	1
tainard	teinart	1
jollu	jaulu	1
phortit	fortie	1
pyrice	pirisse	1
mandin	mendint	1
fatint	phatin	2
lionie	lyonit	2
vaingart	veingard	2
neigond	naigont	2
sauloi	solloi	2
lendisse	landice	2

Dans chaque set, les items sont répartis en 2 sous-sets tels que les 2 graphèmes d'un même phonème n'apparaissent pas dans le même sous-set. Les fréquences moyennes des correspondances graphèmes/phonèmes cibles et des trigrammes ne sont pas significativement différentes d'un set à l'autre, ni d'un sous-set à l'autre (tous les  $F < 1$ ).

<sup>5</sup> somme des fréquences par million des mots contenant le trigramme dans Manulex-Infra

### VII.7.2.2 Paradigme expérimental

Le paradigme repose sur une présentation isolée et aléatoire des pseudo-mots sur un écran d'ordinateur. La tâche est élaborée avec le logiciel E-Prime 2 (E-Prime 2.0 Software, Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA) permettant d'enregistrer la lecture des items, et la rapidité de lecture. La moitié des pseudo-mots est vue dans la condition simultanée (SIM) et l'autre moitié dans la condition séquentielle (SEQ). Dans cette dernière condition, les deux syllabes apparaissent successivement en position centrale (comme dans l'Etude 8), ce qui n'engendre aucune saccade oculaire, Figure 25.

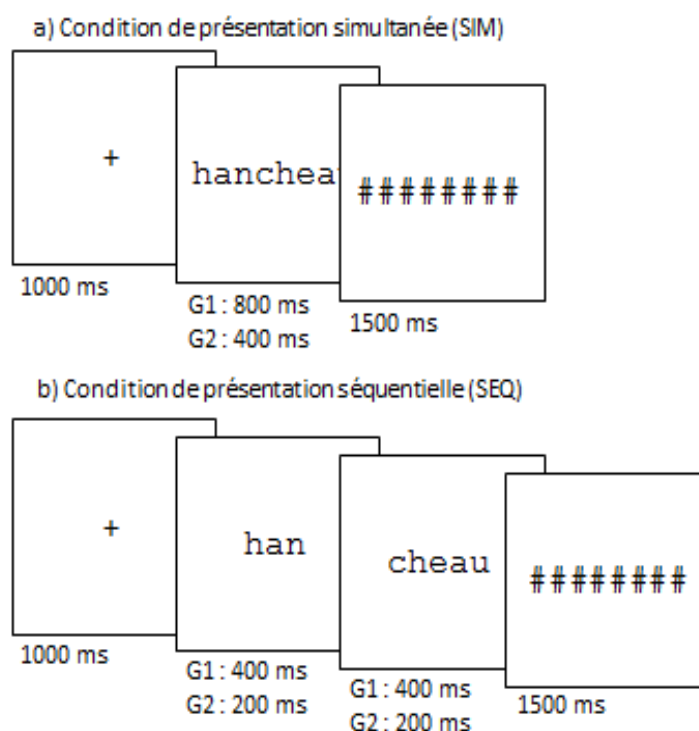


Figure 25. Etude 9, Présentation des items dans la condition simultanée (a) et séquentielle (b), les temps de présentation diffèrent dans le groupe G1 (temps de traitement de 800 ms) et dans le groupe G2 (temps de traitement de 400 ms).

La nouveauté ici est que le temps de traitement des items est manipulé. Pour la moitié des participants (groupe 1), le temps de traitement des items est de 800 ms (800ms de présentation du mot entier dans la condition SIM et 400 ms de présentation par syllabe dans la condition SEQ). Pour l'autre moitié des participants (groupe 2), le temps de traitement des items est de 400 ms (400 ms de présentation du mot entier dans la condition SIM et 200 ms par syllabe dans la condition SEQ). Cette variable « temps de traitement de l'item »

permettra de vérifier si l'effet de la condition de présentation des items (SIM vs SEQ) varie en fonction du temps de traitement de l'item.

### **VII.7.2.3 Post-tests**

Les épreuves post-tests effectués par les participants sont la dictée et l'épreuve informatisée de reconnaissance orthographiques identiques à ceux de l'Etude 8. Cependant, une erreur dans la présentation des items, lors de la passation de l'épreuve de reconnaissance, ne permet pas d'exploiter les résultats de cette épreuve. En conséquence, seuls les résultats en dictée seront analysés dans cette étude.

## **VII.7.3 PROCÉDURE**

Les sujets sont vus en une session unique. Elle commence par la mesure de l'empan visuo-attentionnel avec les tâches de report global et partiel. Puis suit la phase d'auto-apprentissage des pseudo-mots. Comme dans les autres études, chaque participant lit la moitié des items en condition SIM et l'autre moitié en condition SEQ. Les 32 participants du groupe 1 voient les items avec un temps de traitement de 800 ms et les autres voient les items avec un temps de traitement de 400 ms. A l'intérieur de chacun de ces groupes, 8 sujets seront confrontés aux pseudo-mots du set A et les 8 autres à ceux du set B. Suite à cette phase d'auto-apprentissage, une tâche intermédiaire est proposée. Il s'agit de mesurer la mémoire de travail verbale et à court terme par les tâches d'empan de chiffres endroit et envers. Immédiatement après, les tâches de post-tests sont proposées. En premier la dictée des 12 pseudo-mots puis la tâche de reconnaissance entre les deux homophones. Pour finir la session, le niveau orthographique préalable des participants est mesuré par la dictée des 60 mots irréguliers (Etude 7)

## **VII.7.4 RÉSULTATS**

### **VII.7.4.1 Analyses préliminaires**

Le nombre de lectures correctes en phase d'apprentissage a été relevé et le temps de réaction mis pour prononcer le pseudo-mot a été mesuré. Les temps de réaction retenus concernent uniquement les lectures correctes. Un traitement identique à ceux des études précédentes a été effectué sur les temps avant l'analyse statistique (élimination des temps aberrants et transformation logarithmique). Les résultats sont exposés dans le Tableau 38.

La plupart des items sont bien lus dans toutes les conditions. Une ANOVA 2\*2 croisant le facteur inter-participants temps de traitement (800 vs. 400 ms) et le facteur intra-participant condition de présentation (SIM vs. SEQ) a été conduite sur le nombre de lectures correctes (FI) et le temps de réaction (Ft). Les résultats ne révèlent pas d'effet significatif du facteur temps de traitement ( $FI(1,62) = 1.01, ns$  ;  $Ft(1,62) = 1.84, ns$ ). Le fait de voir les pseudo-mots moins longtemps n'a pas empêché un décodage correct (74 % d'items bien décodés pour le groupe 400 ms et 79 % pour le groupe 800 ms). La condition de présentation a en revanche un effet significatif sur le score de lecture : 43 % d'items ont été bien lus dans la condition SIM et 45 % dans la condition SEQ ( $FI(1,62) = 4.22, p < .05$ ). Le temps de réaction mis pour lire le pseudo-mot est également plus long dans la condition SIM ( $Ft(1,62) = 32.02, p < .0001$ ). Ainsi, la condition SIM semble avoir défavorisé la lecture des items. Aucun effet d'interaction n'est significatif.

**Tableau 38. Nombre moyen (écart-type) de pseudo-mots bien lus pendant la phase d'auto-apprentissage et temps de réaction moyen en millisecondes, en fonction de la condition de présentation et du temps de**

	traitement	
	SIM	SEQ
<b><i>Score lecture (max = 12)</i></b>		
Groupe 1, 400 ms	10.37 (1.64)	10.5 (1.32)
Groupe 2, 800 ms	10.31 (2.04)	11.19 (1.18)
<b><i>Temps de réaction (ms)</i></b>		
Groupe 1, 400 ms	830 (154)	721 (166)
Groupe 2, 800 ms	839 (222)	643 (208)

Les résultats de ces analyses préliminaires sont inattendus et indiquent que la condition de présentation SIM a gêné le décodage des pseudo-mots. Pourtant rien dans les modifications du protocole ne laissait envisager cette gêne. En effet, la condition SIM n'a pas été modifiée, et le temps de présentation est plus long par rapport à l'Etude 8. Or les résultats de décodage sont équivalents entre les deux études avec 88 % d'items bien décodés dans

l'Etude 8 et 86 % pour les deux groupes dans l'Etude 9. Il est possible que la présentation SEQ ait aidé les participants à segmenter correctement les items. Dans ce cas, on s'attendrait à observer surtout des erreurs de lecture au niveau de la frontière syllabique en condition simultanée.

#### VII.7.4.2 POST-TESTS

Comme nous l'avons précisé, les résultats dans la tâche de reconnaissance ne sont pas exploitables à cause d'une erreur de matériel lors des passations. Les différents résultats obtenus en dictée sont exposés dans le Tableau 39. De manière générale, on constate un meilleur apprentissage des pseudo-mots que dans les études précédentes chez l'adulte, avec 30 à 40 % des items bien écrits (pour mémoire dans les Etudes 7 et 8 seuls 17 % maximum des pseudo-mots étaient correctement orthographiés).

Une ANOVA croisant le facteur temps de traitement et condition de présentation a été réalisée sur chacune des variables dépendantes de la dictée. Le facteur principal temps de traitement n'est pas significatif ( $F(1,62) = 1.14$  pour la variable mot entier,  $F < 1$  pour les graphèmes). Que les items soient présentés 400 ms ou 800 ms n'influence pas leur apprentissage. Le facteur principal conditions de présentation n'est pas non plus significatif sur les scores en dictée ( $F < 1$  pour les deux variables, mot entier et graphèmes). Le traitement visuel simultané possible n'a pas, dans cette étude, impacté l'apprentissage des pseudo-mots. Aucun effet d'interaction entre les facteurs n'est significatif.

**Tableau 39. Etude 9, Moyennes (écart-types) sur la tâche de dictée en fonction de la condition de présentation (Sim = simultanée, SEQ = séquentielle) et du temps de traitement**

	Temps de traitement 400 ms		Temps de traitement 800 ms	
	SIM	SEQ	SIM	SEQ
Mots entiers (max = 6)	2.25 (1.2)	2.19 (1.2)	1.94 (1.1)	1.97 (1.45)
Graphèmes (max = 12)	7.34 (2.1)	7.09 (1.75)	6.94 (1.9)	6.81 (2.2)

### VII.7.5 CONCLUSION DE L'ETUDE 9

Les résultats de cette étude sont décevants et ne reproduisent pas les résultats des études précédentes chez l'adulte (Etudes 7 et 8). L'impact du traitement visuel simultané n'est pas mis en évidence dans cette étude en dictée. De plus, aucun effet d'interaction entre la condition de présentation et le temps de traitement des items n'a été trouvé. Plusieurs raisons peuvent être avancées pour expliquer cette absence d'effet de la condition de présentation. Contrairement à toutes les études précédentes, les pseudo-mots, dans la phase d'apprentissage, ont été légèrement moins bien décodés, et plus lentement, dans la condition de présentation SIM que dans la condition de présentation SEQ. Il est alors possible que cette difficulté particulière de décodage correct des items en condition SIM soit à l'origine de l'absence d'effet de la condition sur l'apprentissage. Il est possible également que les temps de traitement des items dans cette étude, plus longs que les temps de traitement de l'Etude 8 (sauf la condition SEQ 400 ms), engendrent un apprentissage trop facile pour les adultes, qui fait disparaître une différence subtile d'apprentissage entre les deux conditions. En effet, les pourcentages d'apprentissage sont deux fois plus élevés dans l'Etude 9 que dans l'Etude 8.

Le paradigme expérimental de l'Etude 9 a été reconduit chez l'enfant, en allongeant les temps de traitement des items (800 ms vs. 1600 ms). Si l'échec de l'Etude 9 à mettre en évidence un effet de la condition de présentation (SIM vs. SEQ) tient au croisement des deux variables, nous ne devrions pas observer d'effet de ces variables chez l'enfant non plus. Au contraire, si nous trouvons un effet de la condition de présentation chez l'enfant indépendamment de l'effet du temps de traitement, cela confirmera le rôle du traitement visuel simultané dans l'acquisition de l'orthographe.



## VII.8 ETUDE 10

Dans les études expérimentales précédentes menées chez l'enfant (Etude 3 à Etude 6) il semblerait que lors d'une situation d'auto-apprentissage, le fait d'empêcher un traitement visuel simultané gêne l'apprentissage de l'orthographe lexicale. Les études 3 à 6 révèlent que l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales, estimée par une épreuve de reconnaissance orthographique, est favorisée par un traitement visuel simultané, que les items soient présentés en contexte (Etude 3), ou pas (Etude 4 à 6). Cet effet de la condition semble se maintenir dans le temps (Etude 3 et 6). L'amélioration du paradigme a été constante d'une étude à l'autre. Lors de l'Etude 3, le contrôle du temps d'exposition aux items n'était pas pris en compte, contrairement aux études suivantes. Cependant, même si le temps d'exposition était mesuré dans les études 4 à 6, la conception du paradigme expérimental ne permettait pas un contrôle rigoureux du temps d'exposition aux différents items cibles. Certes, les résultats n'ont pas révélé de différence significative sur les mesures prises en phase d'apprentissage, entre les deux conditions de présentation des pseudo-mots. Mais, dans la recherche d'un protocole plus rigoureusement contrôlé, il nous a semblé important de fixer le temps d'exposition aux pseudo-mots, comme dans les Etudes 7 à 9 menées auprès d'une population adulte. Ainsi, le paradigme expérimental utilisé dans l'Etude 10 repose toujours sur une situation d'auto-apprentissage dans laquelle la possibilité de traitement visuel simultané est manipulée. En plus, la variable « temps de traitement des items » est aussi manipulée, comme dans l'Etude 9. Cette variable permet de répondre à une nouvelle question. Est-ce que, comme peuvent le laisser supposer nos études précédentes chez l'enfant et comme le prédit notre cadre théorique, l'apprentissage de l'orthographe lexicale dépend vraiment de la possibilité de prise d'information visuelle simultanée, quel que soit le temps d'exposition de l'item ?

L'apprentissage de l'orthographe lexicale a été testé dans les études précédentes chez l'enfant, après une situation de lecture en contexte (Etude 3) ou pas (Etudes 4 à 6) des pseudo-mots. A ce jour, le poids du contexte dans la mémorisation de l'orthographe est encore discuté et donne lieu à des résultats contradictoires (Bowey & Muller, 2005 ; Cunningham et al., 2002 ; Martin-Chang et al., 2007 ; Nation et al., 2007 ; Share, 1999 ; Wang et al., 2011). Cependant, afin de nous rapprocher au plus près d'une situation naturelle d'apprentissage par la lecture, nous avons choisi, dans cette dernière étude, de

présenter à nouveau les items dans de petits textes, comme dans l'Etude 3. Ce choix permet, en phase de rappel, d'aider l'enfant en lui rappelant non seulement la forme orale de l'item mais aussi le sens de celui-ci dans le texte lu. Enfin, comme dans l'Etude 3 également, la moitié des textes sera présentée une semaine avant les post-tests, et l'autre moitié sera lue immédiatement avant. Ce déroulement général, par rapport à celui des études 4 à 6, permet d'alléger le nombre d'items à mémoriser lors de chaque passation, et donc d'augmenter la chance d'observer un nombre de mémorisation suffisant lors des post-tests. Il introduit également la variable délai, déjà manipulée lors des Etudes 3 et 6.

L'Etude 10 teste à nouveau l'effet de la condition de présentation simultanée versus séquentielle, croisé avec l'effet du temps de traitement des pseudo-mots à l'écran. Afin de se rapprocher le plus possible d'une situation naturelle de lecture et de favoriser la mémorisation des items, les items seront lus en contexte, la moitié des textes sera lue une semaine avant les post-tests, l'autre moitié immédiatement avant.

### **VII.8.1 POPULATION**

Un total de 150 élèves de 5<sup>ème</sup> année (moyenne d'âge = 10 ans 5 mois, ET = 1 an 8 mois) de différentes écoles de Grenoble et alentours ont participé à cette étude. Ils présentent tous une intelligence non verbale normale (percentile moyen = 65, ET = 23). La moyenne d'âge lexicale est de 11 ans (ET = 1 an 8 mois). Leur pourcentage moyen de réussite à l'épreuve visuo-attentionnelle de report global est de 71.29 (ET = 18.09). Leur empan de direction moyen (Etude 1) est de 22.50 (ET = 5.44). Leurs connaissances orthographiques préalables ont été évaluées avec l'épreuve de jugement orthographique notée sur 42 (Etude 3) et l'épreuve de dictée Le Corbeau (Etude 2). Leur score moyen à l'épreuve de reconnaissance est de 29.29 sur 42 (ET = 8.27). Les scores moyens obtenus à la dictée Le Corbeau sont de 16.62 (ET = 7.06) pour le score phonologique, 22.26 (ET = 7.65) pour le score d'usage, 15.95 (ET = 8.96) pour le score grammatical. Leur vision est normale ou corrigée, et tous les enfants sont de langue maternelle française.

Les 150 participants sont répartis en 2 groupes de 75 sujets. L'homogénéité des groupes a été vérifiée sur la base de l'âge réel, l'âge lexical, l'intelligence non verbale, la mémoire de travail verbale et le niveau orthographique préalable. Les résultats des différents t-tests ne

révèlent aucune différence significative entre les 2 groupes. Les caractéristiques des deux groupes de participants sont reportées dans le Tableau 40.

**Tableau 40. Etude 10, Caractéristiques des 150 participants répartis en deux groupes homogènes de 75 sujets, et résultats au t-test de Student.**

	<b>Groupe 1</b> temps 800 ms		<b>Groupe 2</b> temps 1600 ms		t-Test
	Moyenne(ET)	Etendue	Moyenne(ET)	Etendue	
Age réel (mois)	124.72 (4.4)	109-136	125.2 (4.6)	111-134	-.47, ns
Age lexique (mois)	129.88 (19.3)	97-171	133 (20.5)	91-171	-.97, ns
PM38 (percentile)	66.47 (23.5)	25-100	63.7 (23.7)	25-100	.48, ns
Choix Orthographique (max = 42)	28.92 (6.1)	16-39	28.7 (5.7)	18-40	.21, ns
Dictée « le corbeau »					
Score phonologique DP	15.96 (1.9)	6-17	16.2 (1.4)	9-17	-.72, ns
Score d'usage DU	21.30 (4.5)	6-29	22.2 (3.9)	10-28	-1.27, ns
Score grammatical DG	15.19 (4.3)	2-23	15 (4.3)	4-22	.29, ns
EVA	69.7 (19.8)	27.5-100	72.9 (16.1)	35-100	-1.08, ns
Mémoire de travail					
Verbale (empan envers)	7.12 (1.4)	4-11	6.9 (1.5)	1-12	1.09, ns
Visuo-spatiale (empan direction)	22.73 (3.8)	10-30	22.3 (3.8)	10-30	.73, ns

## VII.8.2 MÉTHODOLOGIE

### VII.8.2.1 Construction des pseudo-mots cibles

Les 12 paires de pseudo-mots dissyllabiques élaborés pour l'Etude 9 ont été repris dans celle-ci. Pour rappel, ces items contiennent un graphème cible dans chaque syllabe et sont tous constitués de trigrammes existants et non rares. Comme dans les études précédentes, ils ont été répartis en deux sets eux-mêmes composés de deux sous-sets (Tableau 37). Pour favoriser la mémorisation de la forme orthographique des mots, il nous a semblé important de se rapprocher d'une situation écologique d'auto-apprentissage. Ainsi, les items sont insérés dans des textes, comme dans l'Etude 3.

### VII.8.2.2 Insertion des pseudo-mots dans des textes

Les pseudo-mots, utilisés comme nom propre (d'une ville, planète, chien ou grenouille) ou nom commun, sont insérés quatre fois dans chacun des textes. Les 12 textes sont ceux de l'Etude 3, dans une version raccourcie de quelques mots. Ils sont composés de 82 à 98 mots répartis sur 10 à 13 lignes. Ils sont précédés d'un titre et écrits en gras, police Courier New, taille 20. Les textes des sets A et B sont identiques sauf en ce qui concerne l'orthographe du pseudo-mot. L'ordre de lecture des textes est aléatoire. Lorsqu'un texte apparaît à l'écran, 8 mots, répartis dans le corps du texte, sont remplacés par des traits (autant de « souligné » que de lettres composant le mot). Ces 8 items masqués sont les 4 présentations du pseudo-mot et, afin d'éviter une anticipation des sujets, 4 autres mots (nom, verbe, ou adverbe), voir Figure 26.

Le gâteau de grand-mère

Samedi dernier, je suis allée voir ma grand-mère. Je l'aime bien car elle me donne toujours des \_\_\_\_\_. Ce jour-là, elle n'en avait plus, alors elle m'a \_\_\_\_\_ de l'aider à faire un gâteau spécial, appelé un \_\_\_\_\_.

Pour faire un \_\_\_\_\_, on doit mélanger \_\_\_\_\_ de choses différentes. Le principal, c'est qu'un \_\_\_\_\_ a toujours trois couches. La première couche du \_\_\_\_\_ est blanche et a un goût de vanille. Le milieu est rose et a le goût de la fraise. Enfin, la dernière couche a la couleur et le goût du \_\_\_\_\_.

Figure 26. Exemple de présentation d'un texte à l'écran avant de commencer la lecture. Les 4 pseudo-mots cibles et 4 autres mots sont remplacés par des « soulignés ».

### VII.8.2.3 Manipulation expérimentale

Le paradigme expérimental repose toujours sur une phase d'auto-apprentissage durant laquelle les sujets doivent lire les textes dans lesquels sont insérés les pseudo-mots. Lorsque l'enfant arrive à un mot manquant (emplacement souligné), il doit appuyer sur la barre d'espace pour déclencher l'apparition du mot. La condition de présentation des 8 mots masqués par texte est manipulée, avec une présentation simultanée pour la moitié des textes et une présentation séquentielle pour l'autre moitié (Figure 27). Le temps de traitement des items est également manipulé, 800ms pour la moitié des sujets et 1600 ms pour les autres. Dans chaque texte, les mots réels qui sont également masqués sont présentés dans les mêmes conditions que les pseudo-mots cibles.

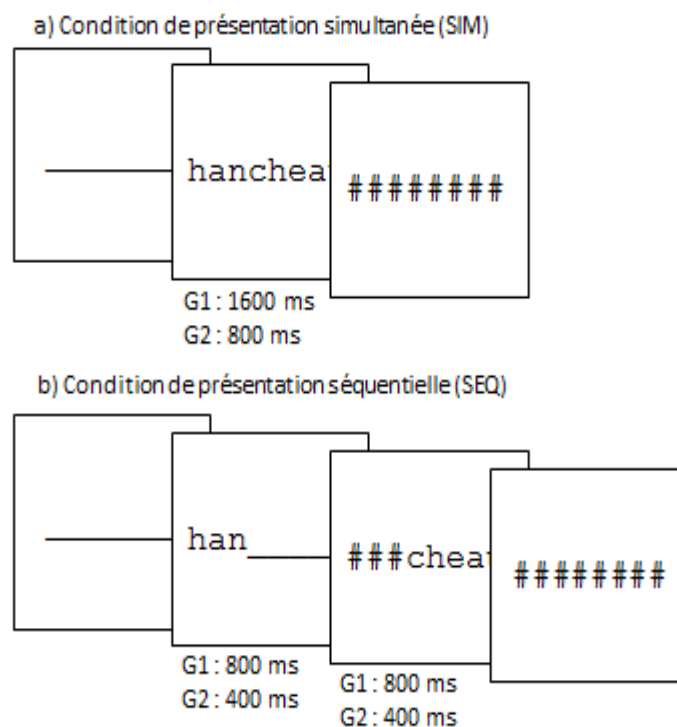


Figure 27. Etude 10, Présentation des pseudo-mots insérés dans les textes, en condition simultanée (a) ou séquentielle (b). Lorsque l'enfant arrive à un mot manquant (trait souligné), il doit appuyer sur la barre d'espace pour déclencher l'apparition du mot.

La lecture des items masqués et le temps de réaction en lecture sont mesurés. Cette tâche est créée avec le logiciel E-Prime 2 (E-Prime 2.0 Software, Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA).

#### VII.8.2.4 Epreuves contrôles

Les participants sont soumis à une batterie d'épreuves contrôles permettant d'évaluer leurs capacités en lecture (épreuve de l'Alouette, Etude 1, leur intelligence non verbale (PM38, Etude 1), leur mémoire de travail verbale (empan envers de chiffre, Etude 1), leur mémoire de travail visuo-spatiale (empan de direction, Etude 1). L'empan visuo-attentionnel est évalué par la tâche de report global (Etude 1). Le score est calculé à partir du nombre de suites de lettres bien rappelées sur 20 et du nombre de lettres bien rappelées sur 100 ( $EVA = RG(20) \cdot 5 + RG(100)/2$ ). Le niveau orthographique est mesuré par la dictée « Le Corbeau » (Etude 2) et le test de jugement orthographique (Etude 4).

### VII.8.2.5 Post-tests

L'apprentissage orthographique est mesuré par la tâche de dictée des pseudo-mots, telle que décrite dans l'Etude 3, la tâche de reconnaissance (Etude 7), suivie par une tâche de lecture créée avec le logiciel E-Prime 2 (E-Prime 2.0 Software, Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA). Il s'agit pour les sujets de lire à haute voix les 24 pseudo-mots (Courier New, en gras, 18) qui apparaissent pendant 2 secondes au centre de l'écran les uns après les autres dans un ordre aléatoire. Une phase d'entraînement de 5 pseudo-mots simples précède la phase de test. La lecture et le temps de réaction sont enregistrés. L'indice d'un apprentissage orthographique sera, dans cette épreuve, des temps de réaction plus rapides sur la lecture des items appris que sur celle des items de l'autre set.

## VII.8.3 PROCÉDURE

Les enfants sont vus 3 fois.

### VII.8.3.1 Les prétests

Lors de cette première rencontre, les différentes tâches de pré-test sont proposées. La tâche du PM38, la dictée « Le Corbeau », et la tâche de reconnaissance lexicale entre trois homophones sont proposées en passation collective. Puis les sujets sont vus individuellement dans une salle calme pour les tests individuels ; l'Alouette et les tâches d'empan de chiffres endroit et envers. Les résultats de ces pré-tests permettent de répartir de façon homogène les sujets dans les différents groupes. La répartition des participants en fonction des sets A et B, de la condition de présentation (SIM ou SEQ) sur chaque sous-set, et du temps de traitement, 800 ou 1600 ms, est exposée dans le Tableau 41. Une ANOVA croisant les facteurs set et sous-set a été conduite sur chacun des scores obtenus aux prétests. Les résultats de cette analyse, à chaque fois non significatifs ( $F_s < 1$ ) révèlent l'homogénéité de la répartition des sujets.

**Tableau 41. Répartition des 150 participants en fonction des sets lus, dans chacune des conditions expérimentales.**

Sous-set 1 vu en condition :	SET A		SET B	
	SIM	SEQ	SIM	SEQ
Groupe 1, 800 ms	19	20	17	19
Groupe 2, 1600 ms	18	17	21	19

### VII.8.3.2 Session expérimentale 1

Lors de cette deuxième session, les sujets sont vus individuellement. Une deuxième série de tests est proposée avant la phase d'auto-apprentissage. Il s'agit de mesurer l'empan visuo-attentionnel par la tâche de report global et la mémoire de travail visuo-spatiale par la tâche d'empan de direction (DST).

La phase d'auto-apprentissage consiste en la lecture à voix haute de 6 textes, dont 3 sont présentés dans la condition SIM et 3 autres dans la condition SEQ. Elle est précédée de la lecture d'un texte proposé comme entraînement, (Annexe V). Ce texte comprend 8 items masqués (4 pseudo-mots simples et 4 mots), 4 en condition SIM et les 4 autres en condition SEQ. La consigne est donnée oralement par l'expérimentateur ; « *Tu vas lire à haute voix 6 petits textes en commençant par le titre. Quand tu liras, tu verras que certains mots sont remplacés par des traits, tu appuieras sur la barre espace pour les faire apparaître.* » Après la lecture de chaque texte, 3 questions sont posées oralement : 2 questions de compréhension et une question dont la réponse nécessite le rappel oral du pseudo-mot.

### VII.8.3.3 Session expérimentale 2

La passation des épreuves lors de cette dernière session est également individuelle. Pour commencer, les 6 autres textes (3 dans chaque condition) sont lus par les participants selon les mêmes modalités que précédemment. La phase des post-tests débute immédiatement après.

La dictée des pseudo-mots est proposée en premier. Après un rappel du titre du texte, les sujets doivent écrire le pseudo-mot dicté par l'expérimentateur qui peut répéter autant de fois que nécessaire l'item.

Suit la tâche de reconnaissance informatisée lors de laquelle les 2 homophones apparaissent simultanément, l'un à gauche et l'autre à droite du point de fixation. Les participants doivent répondre le plus vite possible en appuyant sur la touche (Q ou M) située du côté du mot choisi. Pour finir, la tâche de lecture post-test est effectuée.

## **VII.8.4 RÉSULTATS**

Dans cette étude, les variables indépendantes sont de deux ordres ; une variable inter-participants, nommée temps de traitement des pseudo-mots, à 2 modalités (800 ms vs. 1600 ms), et deux variables intra-participants, la condition de présentation des pseudo-mots à 2 modalités (SIM vs. SEQ) et le délai entre la phase d'auto-apprentissage et les tâches de post-test, également à 2 modalités (0 jour vs. 7 jours). Dans les analyses des mesures prises en phase d'apprentissage, la troisième variable n'est pas le délai mais la session d'apprentissage (session 1 ou 2).

### **VII.8.4.1 Analyses préliminaires**

Ces analyses portent sur la qualité de la lecture pendant la phase d'apprentissage. Une première partie décrit la lecture globale mesurée sur les textes. La lecture des items cibles est ensuite analysée en fonction des différentes variables indépendantes. La lecture des items est également décrite en fonction de différentes occurrences du pseudo-mot dans le texte, et les erreurs sont aussi analysées en fonction des syllabes.

#### ***.VII.8.4.1.1 Lectures et compréhension des textes en fonction des variables***

Les résultats des mesures prises pendant la lecture de textes sont présentés dans le Tableau 42.



**Tableau 42. Etude 10, Résultats des mesures prises pendant la lecture des textes : nombre d'erreurs de lecture, compréhension et rappel phonologique des pseudo-mots lus.**

	SIM		SEQ	
	Session 2	Session 1	Session 2	Session 1
<b>Erreurs de lecture</b> (max = 10)				
Groupe 1, 800 ms	3.68 (3.87)	3.93 (3.84)	3.56 (3.46)	3.83 (3.22)
Groupe 2, 1600 ms	3.80 (3.46)	4.08 (3.52)	2.83 (2.84)	3.93 (3.53)
<b>Score compréhension</b> (max = 2)				
Groupe 1, 800 ms	1.77 (.26)	1.66 (.34)	1.76 (.28)	1.76 (.29)
Groupe 2, 1600 ms	1.63 (.34)	1.75 (.31) <sup>o</sup>	1.70 (.37)	1.65 (.33)
<b>Erreurs de lecture des items</b> (max = 4)				
Groupe 1, 800 ms	1.41 (1.97)	1.97 (2.56)	1.32 (1.96)	1.63 (2.17)
Groupe 2, 1600 ms	1.52 (2.16)	1.89 (2.51)	1.11 (1.85)	1.17 (1.75)
<b>Temps de réaction lecture des items</b> (en ms)				
Groupe 1, 800 ms	811 (217)	799 (194)	953 (225)	954 (217)
Groupe 2, 1600 ms	854 (282)	814 (218)	1278 (293)	1251 (281)
<b>Score rappel phonologique</b> (max = 1)				
Groupe 1, 800 ms	.83 (.21)	.81 (.24)	.85 (.22)	.82 (.23)
Groupe 2, 1600 ms	.86 (.18)	.78 (.25)	.78 (.26)	.76 (.26)

La qualité de décodage dans chacune des conditions de présentation a été vérifiée. Une ANOVA croisant les facteurs temps de traitement, condition de présentation et session, a été conduite sur le nombre d'erreurs effectuées lors de la lecture des textes pendant la phase d'apprentissage. Le facteur temps de traitement (800 ms vs. 1600 ms) n'a pas d'impact sur la qualité de décodage ( $F < 1$ ). Toutefois, les sujets ont fait plus d'erreurs à la première session expérimentale qu'à la deuxième ( $F(1,148) = 4.92, p < .05$ ). Ces résultats significatifs reflèteraient un effet de familiarité à la tâche. La condition de présentation n'interfère pas sur la qualité de lecture des textes ( $F(1,148) = 2.58, ns$ ). Aucun effet d'interaction n'est significatif. La compréhension des textes est également bonne quel que soit le temps de traitement ( $F(1,148) = 2.78, ns$ ), la condition de présentation et la session ( $F < 1$ ). Seul un

effet d'interaction entre les 3 facteurs est significatif ( $F(1,148) = 9.23, p < .01$ ), mais ne témoigne pas d'une mauvaise compréhension.

#### **.VII.8.4.1.2 Lecture et rappel oral des pseudo-mots en fonction des variables**

Avec une moyenne de 12 % d'erreurs de décodage sur les pseudo-mots, le niveau de lecture des items cibles est globalement bon. L'effet du temps de traitement n'est pas significatif ( $F < 1$ ), suggérant que 800 ms ont été suffisantes pour lire correctement les items. L'effet de la session n'est pas significatif non plus ( $F(1,148) = 3.52, ns$ ), mais on observe un effet de la condition de présentation. Les enfants font plus d'erreurs de lecture lorsque le pseudo-mot est présenté en condition SIM ( $F(1,148) = 5.72, p < .05$ ).

L'analyse des temps de réaction lors des lectures correctes des pseudo-mots (Tableau 42) a été faite après élimination des temps supérieurs à 2 écarts-types et transformation logarithmique, afin de normaliser les résultats. L'analyse ne révèle aucun effet de la session ( $F < 1$ ), mais un effet significatif du temps de traitement ( $F(1,139) = 21.62, p < .0001$ ). Le temps de réaction en lecture est plus long lorsque le temps de traitement est plus long. L'effet de la condition de présentation est aussi significatif ( $F(1,139) = 349.75, p < .0001$ ) ainsi que l'effet d'interaction entre les facteurs temps de traitement et condition de présentation ( $F(1,139) = 57.47, p < .0001$ ). Les lectures en modalité SEQ présentent un temps de réaction plus long que les lectures en modalité SIM, et cet effet est plus important avec un temps de traitement de 1600 ms. Cependant, il faut noter que la méthode de mesure de ces temps de réaction diffère forcément entre les 2 conditions. En effet, dans la condition SIM, le temps de réaction correspond au temps écoulé entre l'apparition du mot entier et le début de la prononciation du mot. Dans la condition SEQ, il correspond au temps écoulé entre l'apparition de la seconde syllabe, c'est-à-dire après le traitement de la première syllabe, et le début de la prononciation. A cause de cette différence, l'interprétation de cette différence est délicate.

Le rappel phonologique des pseudo-mots à la fin de la lecture est bon, avec une moyenne de 80 % de pseudo-mots bien rappelés. Ce score n'est pas dépendant du temps de traitement ( $F(1,148) = 1.81, ns$ ), ni de la condition de présentation ( $F(1,148) = 1.11, ns$ ). Seul l'effet de la session est significatif ( $F(1,148) = 4.43, p < .05$ ), rappelant peut-être l'effet de familiarité à la tâche déjà observé sur la lecture de textes. On observe également un effet d'interaction entre les facteurs temps de traitement et condition de présentation ( $F(1,148) = 4.17, p < .05$ ). En fait, dans la condition SIM, le rappel phonologique est bon (82 %) quel que soit le

temps de traitement. Au contraire, dans la condition SEQ, le rappel phonologique est moins bon après un temps de traitement plus long (77 %) qu'après un temps plus court (83.5 %).

**En résumé :** la condition de présentation a affecté la lecture des items : les items sont moins bien lus en condition SIM qu'en condition SEQ. Ils sont aussi prononcés plus vite en condition SIM qu'en condition SEQ, et cette différence est plus forte lorsque le temps de traitement de l'item est plus long. Enfin, le rappel phonologique du pseudo-mot est un peu plus difficile en condition SEQ avec un temps de traitement de 1600 ms, que dans les autres conditions.

#### **.VII.8.4.1.3 Lecture des pseudo-mots en fonction de leurs occurrences dans le texte**

Nous nous sommes interrogés sur l'efficacité de la lecture du pseudo-mot, selon qu'on se situe à la première, 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> ou 4<sup>ème</sup> occurrence du pseudo-mot dans le texte (respectivement L1, L2, L3 et L4). Au fur et à mesure des lectures d'un même pseudo-mot, on peut faire l'hypothèse que les enfants feront de moins en moins d'erreurs et liront l'item de plus en plus vite. Mais ce phénomène s'observe-t-il dès la seconde occurrence du mot et se poursuit-il sur les occurrences suivantes ? Dans ce cas, on s'attend à observer une augmentation régulière du score et de la vitesse de lecture au fur et à mesure des occurrences. Le profil des scores de lecture en fonction des occurrences (Figure 28) montre que, si les participants font effectivement plus d'erreurs sur la première occurrence (L1) que sur les suivantes, quelle que soit la condition de présentation, le score reste ensuite stable sur les 3 occurrences suivantes.

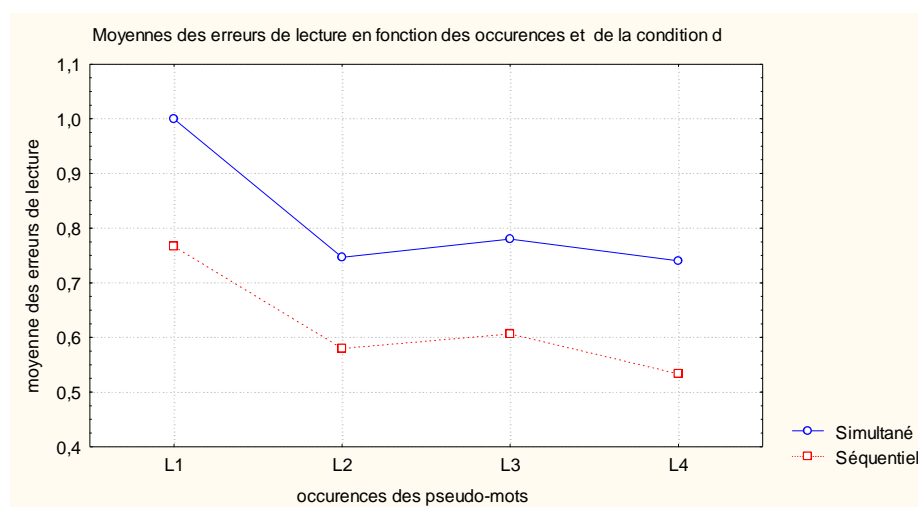


Figure 28. Moyennes des erreurs de lecture en fonction des occurrences et de la condition de présentation.

Un score moyen d'erreurs en L2, L3 et L4 a été calculé et comparé à la moyenne des erreurs en L1. Une ANOVA 2\*2 a été réalisée, avec comme variables intra-participants l'occurrence de lecture (L1 versus L2L3L4) et la condition de présentation (SIM vers SEQ). La variable temps de traitement et la session n'ayant pas d'effet significatif sur la qualité du décodage des items cibles, elles n'ont pas été prises en compte dans cette analyse. Les résultats de l'analyse confirment que les enfants font significativement plus d'erreurs en L1, ( $F(1,149) = 25.46, p < .0001$ ) et plus d'erreurs dans la condition SIM que dans la condition SEQ, ( $F(1,149) = 6.04, p < .05$ ). Aucun effet d'interaction n'apparaît dans cette analyse révélant que la différence observée entre les deux conditions de présentation se maintient aussi bien à la première occurrence qu'aux occurrences suivantes.

Un temps moyen de latence en L2, L3 et L4 a été calculé et comparé au temps de latence moyen en L1. Une ANOVA 3\*2 a été réalisée, avec comme variables la condition de présentation à deux modalités (SIM vs. SEQ), le temps de traitement (800 vs. 1600 ms), et l'occurrence des lectures, L1 versus L2, L3 et L4. Compte-tenu des résultats précédents, la variable session n'est pas prise en compte.

Les résultats de l'analyse des temps de réaction en lecture confirment que les enfants mettent plus de temps pour lire les pseudo-mots lorsque le temps de traitement est de 1600 ms ( $F(1,143) = 20.31, p < .0001$ ) et à la première lecture, ( $F(1,143) = 846.65, p < .0001$ ). La différence entre les deux conditions de présentation est également significative ( $F(1,143) = 367.56, p < .0001$ ). Cependant, comme cela a été déjà expliqué, ces derniers résultats sont difficilement interprétables, compte-tenu du déclenchement qui diffère entre les deux conditions. L'interaction entre le facteur temps de traitement et occurrence de lecture est significative ( $F(1,143) = 10.76, p < .01$ ). Elle révèle que l'effet du temps de traitement est plus fort sur la première occurrence que sur les suivantes.

L'interaction entre la condition de présentation et le temps de présentation est également significative ( $F(1,143) = 75.99, p < .0001$ ), confirmant que le temps de réaction est plus long lorsque les items sont présentés en condition séquentielle pendant 1600 ms. Enfin, l'effet d'interaction n'est pas significatif entre le facteur condition de présentation et occurrence de lecture ( $F(1,143) = 1.22, ns$ ).

**En résumé :** cette série d'analyse de la lecture en fonction des occurrences montre que, à la seconde rencontre avec un pseudo-mot et de façon stable sur les 2 occurrences suivantes,

les enfants de 5<sup>ème</sup> année sont capables de le lire avec plus d'efficacité et de rapidité qu'à la première rencontre. Il est possible que la première découverte du pseudo-mot engendre un effet de surprise qui disparaisse dès la seconde occurrence. L'analyse des profils en fonction des conditions de présentation suggère également que les conditions de présentation ont un impact sur la lecture de façon stable : en condition SIM, les items sont lus avec un taux d'erreurs plus important et une vitesse plus élevée qu'en condition SEQ, lors de la première occurrence comme lors des suivantes.

#### **.VII.8.4.1.4 Analyse des erreurs en lecture en fonction des syllabes**

Une analyse de la place de l'erreur de lecture dans le pseudo-mot a été menée pour compléter ces analyses préliminaires. Comme la condition SEQ implique un traitement syllabe par syllabe et que le mot est donc prononcé alors que la première syllabe n'est plus visible, on pouvait craindre un plus grand nombre d'erreurs sur la première syllabe dans cette condition uniquement. Les nombres moyens d'erreurs de lecture en fonction de la syllabe et de la condition sont exposés dans le Tableau 43. Les variables session et temps de traitement ne sont pas prises en compte dans l'analyse.

L'ANOVA  $2 \times 2^6$ , croisant les facteurs condition de présentation (SIM vs. SEQ) et syllabes (S1 vs. S2), confirme que les enfants font plus d'erreurs dans la condition SIM ( $F(1,149) = 5.63$ ,  $p < .001$ ). L'effet significatif de la syllabe indique que plus d'erreurs sont produites sur la deuxième syllabe ( $F(1,149) = 4.76$ ,  $p < .05$ ). L'effet d'interaction étant non significatif ( $F < 1$ ), on ne peut pas dire que le fait d'effectuer plus d'erreurs sur la deuxième syllabe dépend de la condition de présentation. Il est probable que cet effet de la syllabe s'explique par la plus grande ambiguïté de prononciation des syllabes finales en français (e.g., avec la présence de consonnes finales muettes ou prononçables, bout/but). En tout cas, on peut dire que la condition de présentation SEQ n'a pas engendré une gêne particulière sur la lecture de la première syllabe.

---

<sup>6</sup> Les scores d'erreurs étant très faibles, une analyse non paramétrique a été réalisée. Les résultats au test de Wilcoxon sont également non significatifs.

**Tableau 43. Etude 10, Moyennes (écart-types) des erreurs de lecture en fonction de la syllabe (S1 vs. S2) et de la condition de présentation, et leur étendue.**

	SIM		SEQ	
	Moyennes	Etendue	Moyennes	Etendue
Syllabe 1	1.89 (2.19)	0-9	1.19 (1.84)	0-8
Syllabe 2	2.13 (2.56)	0-14	1.46 (1.78)	0-8

#### VII.8.4.2 Résultats aux post-tests

##### .VII.8.4.2.1 La tâche de dictée

Deux scores sont pris en compte pour cette tâche ; le nombre de pseudo-mots correctement écrits (maximum 3 par condition) et le nombre de graphèmes cibles bien écrits (maximum 6 par condition). Les scores sont reportés dans le Tableau 44.

Une ANOVA croisant le facteur inter-participants (temps de traitement) et les facteurs intra-participants (condition de présentation et délai) a été conduite sur le score de dictée mots entiers. Les résultats ne révèlent pas d'effet significatif du facteur temps de traitement, ( $F < 1$ ), suggérant ainsi que le taux de mémorisation orthographique ne dépend pas du temps de présentation de l'item, à partir du moment où celui-ci est suffisant pour la lecture de l'item. Comme on pouvait s'y attendre, le facteur délai est significatif, les sujets font moins d'erreurs lorsque la tâche de dictée est proposée dans un délai immédiat ( $F(1,148) = 81.64$ ,  $p < .0001$ ). Enfin, on observe un effet de la condition de présentation conforme à notre principale hypothèse. En effet, lorsque les pseudo-mots ont été lus dans la condition SIM, le rappel orthographique est globalement plus efficient ( $F(1,148) = 10.05$ ,  $p < .01$ ). Aucun effet d'interaction n'est significatif.

**Tableau 44. Etude 10, Scores moyens (écart-types) en dictée mots entiers (max = 3) en fonction du temps de présentation, du délai et de la condition de présentation.**

	SIM		SEQ	
	Délai 0	Délai 7	Délai 0	Délai 7
800 ms	1.23 (.92)	.49 (.62)	.87 (.77)	.44 (.55)
1600 ms	1.15 (.83)	.52 (.70)	1.03 (.84)	0.43 (.6)

Compte-tenu des résultats observés dans l'analyse préliminaire faite sur la qualité de décodage entre les deux syllabes, révélant que plus d'erreurs de lecture ont été commises sur S2 quelle que soit la condition, nous avons contrôlé le nombre d'erreurs d'orthographe (maximum 6 par condition en fonction de la syllabe, Tableau 45).

**Tableau 45. Etude 10, Nombre moyens d'erreurs (écart-types) commis en dictée sur la première ou deuxième syllabe, en fonction de la condition de présentation**

	SIM		SEQ	
	Moyennes	Etendue	Moyennes	Etendue
Syllabe 1	2.45 (1.12)	0-5	2.95 (1.20)	0-6
Syllabe 2	3.55 (1.14)	0-6	3.63 (1.24)	0-6

Une ANOVA 2\*2, croisant la condition de présentation et la syllabe (S1 vs. S2) a été réalisée. Les facteurs temps de traitement et délai n'ont pas été inclus dans l'analyse. Les résultats confirment un effet significatif du facteur condition de présentation ( $F(1,149) = 13.41$ ,  $p < .001$ ) et révèlent un effet du facteur syllabe ( $F(1,149) = 100.06$ ,  $p < .0001$ ), la syllabe 2 ayant significativement engendré plus d'erreurs que la syllabe 1. L'effet d'interaction est significatif ( $F(1,149) = 4.43$ ,  $p < .05$ ). Les comparaisons planifiées précisent que les conditions de présentation se distinguent sur S1, avec plus d'erreurs en condition SEQ ( $F(1,149) = 15.22$ ,  $p < .001$ ), mais engendrent autant d'erreurs de production l'une que l'autre sur la seconde syllabe ( $F < 1$ ). C'est donc au niveau de la mémorisation de l'orthographe de la première syllabe que les deux conditions de présentation se distinguent. Or c'est bien la première

syllabe qui n'est plus visible quand le sujet prononce le mot en condition SEQ. Cette observation confirme l'importance de la simultanéité du traitement visuel de l'orthographe et de la production phonologique du mot.

Une analyse par items, prenant en compte le décodage de chaque item en phase d'apprentissage, a été réalisée sur le score de dictée mots entiers. Par cette analyse, nous souhaitons voir si l'effet de la condition de présentation varie en fonction du décodage en phase d'apprentissage. Comme la variable temps de traitement n'est pas significative dans les analyses précédentes, cette variable n'est pas prise en compte et les 150 participants sont réunis. Le Tableau 46 présente le nombre de pseudo-mots cibles bien écrits ou pas, en fonction de la condition de présentation (SIM vs SEQ), du délai et du décodage, correct ou pas, en phase d'apprentissage. Pour cette nouvelle variable, un item est considéré comme bien lu s'il est correctement décodé à chacune des 4 occurrences, et mal lu si au moins une erreur de lecture a été faite sur l'item. Dans le tableau, le total de 1800 items (12\*150) est ventilé en fonction des différentes variables et de la réussite à la tâche de dictée (bien écrits vs. mal écrits).

**Tableau 46. Etude 10, Nombre d'items bien écrits et mal écrits en dictée en fonction de la condition de présentation (SIM vs. SEQ), du délai (0 vs. 7 jours) et du décodage (bien lus vs. mal lus).**

	Bien écrits				Mal écrits			
	0 jour		7 jours		0 jour		7 jours	
	SIM	SEQ	SIM	SEQ	SIM	SEQ	SIM	SEQ
Bien lus	151	130	68	52	213	251	275	314
Mal lus	27	12	8	13	59	57	99	71

L'ANOVA par items réalisée sur les items bien écrits (partie gauche du Tableau 46) révèle sans surprise un effet du décodage, puisqu'il y a au total beaucoup plus d'items bien lus que mal lus en phase d'apprentissage ( $F(1,23) = 32.77, p < .0001$ ). L'effet du délai est également significatif ( $F(1,23) = 32.73, p < .0001$ ) avec plus d'items bien écrits à 0 jour qu'à 7 jours. L'effet de la condition de présentation est maintenu dans cette analyse par items. Les



pseudo-mots bien écrits sont plus nombreux dans la condition SIM ( $F(1,23) = 7.99, p < .01$ ). Le seul effet d'interaction significatif est celui entre la qualité du décodage et le délai ( $F(1,23) = 28.28, p < .0001$ ) : l'effet du délai sur le score de dictée est en fait beaucoup plus important pour les items bien lus que pour les mal lus. Cette interaction peut s'expliquer simplement par le nombre beaucoup plus important d'items bien lus.

**En résumé** ; les résultats de la tâche de dictée sont en accord avec notre hypothèse de l'importance du traitement visuel simultané pendant la lecture pour la mémorisation de l'orthographe du mot lu. Il semble que l'effet de la condition de présentation sur la mémorisation s'observe quel que soit le temps de traitement des items. La condition de présentation séquentielle a pour conséquence essentielle une moins bonne mémorisation de l'orthographe de la première syllabe du mot, c'est-à-dire de la syllabe qui n'est plus visible au moment de la prononciation. Enfin, l'analyse par items suggère un effet de la condition de présentation quelle que soit la qualité du décodage. Cependant, le faible effectif des items mal lus incite à rester prudent sur cette analyse.

#### **.VII.8.4.2.2 Tâche de reconnaissance**

Pour cette tâche les sujets doivent choisir, entre 2 pseudo-mots homophones, celui qu'ils ont effectivement lu pendant la phase d'auto-apprentissage. Les résultats du test du  $\chi^2$  indiquent que les réponses ne sont pas données au hasard, quelle que soit la condition ou le délai (Tableau 47). Dans tous les cas, l'item cible est choisi bien plus souvent que son homophone distracteur, ce qui indique un apprentissage de la forme orthographique dans toutes les conditions.

**Tableau 47. Etude 10, Sommes des pseudo-mots cibles et des pseudo-mots homophones choisis lors de la tâche de reconnaissance orthographique et résultats du  $\chi^2$  en fonction de la condition de présentation, simultanée versus séquentielle.**

	SIM		SEQ	
	Délai 0	Délai 7	Délai 0	Délai 7
Cible	355	334	313	259
Homophone	95	116	137	191
$\chi^2$ (ddl)	300.11 (1)	277.80 (1)	259.42 (1)	230.14 (1)
p	<.001	<.001	<.001	<.001

Deux mesures sont prises au cours de cette tâche : le nombre de pseudo-mots correctement reconnus et le temps de réaction mis par les sujets pour donner la bonne réponse (voir Tableau 48). Les temps de réaction supérieurs à 2 écarts-types sont également écartés (3 % des TR). Les temps sont analysés après une transformation logarithmique pour normaliser la distribution.

**Tableau 48. Etude 10, Moyenne (écarts-types) de pseudo-mots bien reconnus et temps de réaction en millisecondes en fonction du temps de présentation, de la condition de présentation et du délai.**

	SIM		SEQ	
	Délai 0	Délai 7	Délai 0	Délai 7
<b>Scores (max = 3)</b>				
800 ms	2.43 (.64)	2.08 (.77)	1.95 (.94)	1.84 (.84)
1600 ms	2.31 (.72)	2.37 (.80)	2.23 (.78)	1.61 (.77)
<b>Temps de réaction (ms)</b>				
800 ms	1735 (647)	1982 (723)	1806 (679)	1945 (663)
1600 ms	1666 (632)	1799 (640)	1775 (646)	1936 (684)

Une ANOVA a ensuite été faite sur les variables nombre de bonnes réponses et temps de réaction (les indices statistiques seront systématiquement présentés dans cet ordre). Les variables indépendantes sont le temps de traitement, inter-participants, la condition de présentation et le délai, variables intra-participants. Les résultats ne révèlent pas d'effet significatif du facteur temps de traitement ( $F < 1$ ,  $F(1,124) = 1.42$ , *ns*). Par contre, ils montrent un effet significatif du délai ( $F(1,148) = 17.61$ ,  $p < .0001$ ,  $F(1,124) = 37.25$ ,  $p < .0001$ ) et de la condition de présentation ( $F(1,148) = 34.35$ ,  $p < .0001$ ,  $F(1,124) = 15.95$ ,  $p < .001$ ). La forme orthographique des pseudo-mots est mieux et plus rapidement reconnue lorsque les items ont été lus dans la condition SIM, et le rappel est également plus efficient lorsque la tâche de reconnaissance est faite immédiatement après la phase d'auto-apprentissage. L'effet d'interaction entre les 3 facteurs est significatif sur le nombre de pseudo-mots bien reconnus ( $F(1,148) = 13.58$ ,  $p < .001$ ) mais pas sur les temps de réaction ( $F(1,124) = 2.85$ , *ns*).

Comme pour la dictée, une analyse par items prenant en compte le décodage de chaque item en phase d'apprentissage, a été réalisée sur le score en reconnaissance. Comme la variable temps de traitement n'est pas significative dans l'analyse précédente, cette variable n'est pas prise en compte et les 150 participants sont réunis. Le Tableau 49 présente le nombre de pseudo-mots cibles reconnus ou pas, en fonction de la condition de présentation (SIM vs SEQ), du délai et du décodage, correct ou pas, en phase d'apprentissage.

**Tableau 49. Etude 10, Nombre d'items reconnus et non reconnus dans la reconnaissance orthographique en fonction de la condition de présentation (SIM vs. SEQ), du délai (0 vs. 7 jours) et du décodage (bien lus vs. mal lus).**

	Reconnus				Non reconnus			
	0 jour		7 jours		0 jour		7 jours	
	SIM	SEQ	SIM	SEQ	SIM	SEQ	SIM	SEQ
Bien lus	289	266	262	211	75	115	81	155
Mal lus	66	47	72	48	20	22	35	36

L'ANOVA par items conduite sur le score de reconnaissance (partie gauche du Tableau 49) révèle sans surprise un effet du décodage, puisqu'il y a au total beaucoup plus d'items bien lus que mal lus en phase d'apprentissage ( $F(1,23) = 132.75, p < .0001$ ). L'effet du délai est également significatif ( $F(1,23) = 6.03, p < .05$ ) avec plus d'items reconnus sans délai. L'effet de la condition de présentation est également significatif ( $F(1,23) = 32.91, p < .0001$ ) avec plus d'items reconnus après un apprentissage en condition SIM. Comme pour la dictée, on retrouve une interaction significative entre la qualité de décodage et le délai ( $F(1,23) = 10.33, p < .01$ ), l'effet du délai sur le score de reconnaissance est plus important pour les items bien lus. Cette interaction peut s'expliquer simplement par le nombre beaucoup plus important d'items bien lus.

**En résumé ;** les résultats de la tâche de reconnaissance orthographique sont cohérents avec les résultats de dictée. L'impact du traitement visuel simultané pendant la lecture sur la mémorisation de l'orthographe est confirmé. A nouveau, il semble que l'effet de la condition de présentation sur la mémorisation s'observe quel que soit le temps de traitement des

items. L'analyse par items en fonction du décodage suggère un effet de la condition de présentation quelle que soit la qualité du décodage.

#### **.VII.8.4.2.3 Lecture post-test**

Ce 3<sup>ème</sup> post-test permet d'obtenir un score d'erreurs de lecture et un temps de réaction mis pour lire le pseudo-mot lorsqu'il apparaît à l'écran. Les participants lisaient dans un ordre aléatoire les pseudo-mots lus en phase d'apprentissage et leurs homophones. On s'attend à observer un effet global de l'apprentissage (les items appris mieux lus que les items non appris), et un effet de la variable condition de présentation sur les items appris.

**Tableau 50. Etude 10, Moyennes (écart-types) du nombre d'erreurs effectuées pendant la lecture en post-test sur les pseudo-mots appris, en fonction de la condition de présentation, du temps de traitement et du délai. Moyennes et écart-types des temps de réaction en millisecondes pour lire les pseudo-mots appris.**

	SIM		SEQ	
	Délai 0	Délai 7	Délai 0	Délai 7
<b><i>Nombre d'erreurs</i></b>				
800 ms	1.09 (.3)	1.05 (.23)	1.06 (.25)	1.11 (.33)
1600 ms	1.00 (0)	1.05 (.22)	1.18 (.39)	1.09 (.30)
<b><i>Temps de réaction</i></b>				
800 ms	689 (126)	677 (119)	696 (123)	693 (129)
1600 ms	720 (119)	691 (118)	712 (132)	702 (136)

Une première analyse a vérifié l'existence d'un effet global de l'apprentissage. On s'attend à ce que les pseudo-mots appris en phase d'apprentissage soient mieux lus, et avec un temps de réaction plus court, que leurs homophones. Cette première analyse révèle une différence à la limite de la significativité ( $t(61) = 1.94, p = .057$ ) entre le nombre d'erreurs de lecture des pseudo-mots cibles (moyenne = 1.69, ET = 0.95) et des homophones (moyenne = 1.98, écart-type = 1.06). L'effet global de l'apprentissage est plus nettement visible sur la rapidité à lire :

la différence entre les temps de réaction des pseudo-mots cibles (moyenne = 1.50, ET = 0.23) et des homophones (moyenne = 1.48, ET = 0.23) est significative ( $t(143) = -2.26, p < .05$ ). Lorsqu'un pseudo-mot appris apparaît à l'écran, la latence de lecture est plus courte que lorsque c'est un pseudo-mot non appris.

Une seconde série d'analyses est ensuite conduite uniquement sur les scores et les temps de réaction des items appris (Tableau 50), pour tester l'effet des différentes variables manipulées pendant l'apprentissage : le temps de traitement, le délai et la condition de présentation. Les différentes analyses ne révèlent aucun effet principal significatif sur le nombre d'erreurs de lecture (tous les  $F < 1$ ). Le seul effet d'interaction significatif est celui entre les facteurs condition de présentation et délai ( $F(1,148) = 9.45, p < .01$ ). Sur le temps de réaction, seul l'effet du délai est significatif ( $F(1,140) = 4.22, p = .05$ ). Les pseudo-mots appris la semaine précédente sont plus vite lus que ceux qui viennent d'être lus.

### VII.8.5 CONCLUSION DE L'ETUDE 10

L'objectif principal de cette Etude 10 était de tester à nouveau, chez l'enfant normo-lecteur, l'implication du traitement visuel simultané dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale lors d'une lecture de pseudo-mots, en contrôlant le temps de présentation des items à l'écran. Les résultats en dictée et en reconnaissance confirment ceux obtenus dans les études précédentes chez l'enfant (Etudes 3 à 6) : le traitement visuel simultané semble bien impliqué dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale. Les résultats de l'Etude 10 précisent que cet effet est indépendant du temps de présentation des items à partir du moment où ce temps est suffisant pour le traitement du mot. En effet, les scores ne varient pas en fonction du temps de présentation, même lorsque celui-ci passe du simple au double, et l'interaction entre le temps et la condition de présentation n'est jamais significative.

Pour la première fois, l'effet de la condition de présentation est visible chez l'enfant, non seulement sur l'épreuve de reconnaissance mais aussi sur l'épreuve de dictée. Il est possible que la mise en évidence de cet effet en dictée ici, soit simplement due à l'augmentation sensible des scores en dictée dans cette étude par rapport aux autres études chez l'enfant (37 % de réussite moyen contre 15 % dans l'Etude 3, 5.6 % dans l'Etude 4, 0.85 % dans l'Etude 5 et 4.55 % dans l'Etude 6). Dans les études précédentes, des scores trop faibles empêchaient toute analyse. Plusieurs raisons peuvent expliquer l'amélioration des scores en dictée, comme le niveau scolaire des participants (l'Etude 3 testait des 3<sup>ème</sup> année), la

simplification des items à apprendre ou l'ajout du contexte (les items étaient présentés isolés dans les études 4 à 6). Les résultats de la tâche de lecture des pseudo-mots en post-test confirment que l'auto-apprentissage de l'orthographe lexicale peut aussi s'observer en lecture, notamment sur la rapidité de dénomination. Cependant, aucun effet de la condition de présentation en phase d'apprentissage n'est visible sur les items appris. Le fait que cette lecture soit proposée après la dictée et surtout après la tâche de reconnaissance durant laquelle les participants sont déjà confrontés aux 2 pseudo-mots homophones, peut expliquer cette absence d'effet.

Comme dans les études précédentes, la lecture des items en phase d'apprentissage a été contrôlée en fonction des conditions de présentation. Globalement, les items sont lus correctement dans leur grande majorité (88 % de décodage correct). Cependant, alors que le temps de présentation des items (800 vs 1600 ms) n'a aucune influence sur la qualité de la lecture, les enfants font plus d'erreurs de lecture dans la condition SIM que dans la condition SEQ. On peut penser que la condition SEQ, parce qu'elle oblige à une segmentation graphémique et à un traitement séquentiel, permet d'éviter certaines erreurs (e.g., de segmentation à la frontière syllabique, de migration entre lettres). Ainsi, alors que la condition SIM rend donc la lecture un peu plus difficile, elle engendre un meilleur apprentissage de l'orthographe lexicale. Ce résultat montre à quel point, pour des enfants maîtrisant déjà bien la lecture, le décodage correct n'est pas ce qui détermine la mémorisation de l'orthographe du mot lu.

L'analyse des résultats en fonction des syllabes apporte une information supplémentaire pour comprendre la relation entre condition de présentation et mémorisation de l'orthographe. En phase d'apprentissage, on constate plus d'erreurs de lecture sur la seconde syllabe quelle que soit la condition de présentation. Il est probable que les syllabes finales de nos items cibles soient effectivement plus inconsistantes que les syllabes initiales car, comme c'est fréquent en français, plusieurs items se terminent par une consonne ambiguë (e.g., cleintont). L'analyse des erreurs en dictée en fonction des syllabes confirme la plus grande difficulté des syllabes finales, qui présentent ici aussi plus d'erreurs. Cependant, l'interaction entre syllabe et condition de présentation révèle que c'est sur la première syllabe que la condition SEQ produit plus d'erreurs que la condition SIM. La condition SEQ a donc particulièrement gêné la mémorisation de l'orthographe de la première syllabe, qui pourtant a été significativement mieux lue en phase d'apprentissage. Ce résultat confirme

que l'effet de la condition de présentation est indépendant de la performance en lecture pendant la phase d'apprentissage.

L'analyse des temps de latence de lecture en phase d'apprentissage montre également une différence significative entre les conditions SIM et SEQ, avec une lecture plus rapide en condition SIM. Si le décodage correct n'a pas d'influence majeure sur la mémorisation de l'orthographe des enfants de 5<sup>ème</sup> année, il est donc possible que la rapidité du traitement pendant la lecture en ait une. Or, l'idée d'une influence de la rapidité de traitement est tout à fait compatible avec l'idée d'une influence de la prise d'information visuelle simultanée.

## VII.9 CONCLUSION DES ÉTUDES EXPÉRIMENTALES

Globalement, les principaux résultats des différentes études expérimentales (Etude 3 à 10) convergent en faveur de l'hypothèse selon laquelle le traitement visuel simultané est impliqué dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale (voir cependant Etude 9). Dans l'Etude 2, on a également observé une corrélation significative entre les capacités de traitement visuo-attentionnel et le score de dictée évaluant les connaissances orthographiques lexicales. Pour confirmer la relation entre capacité de traitement visuel simultané et mémorisation de l'orthographe, une dernière analyse corrélationnelle, présentée ci-après, étudie le lien entre la capacité de traitement visuo-attentionnel propre à chaque participant (mesurée par une estimation de l'empan visuo-attentionnel) et ses capacités d'apprentissage orthographique en situation d'auto-apprentissage. On s'attend à observer une relation significative entre l'EVA et l'apprentissage orthographique qui a été effectué en condition SIM, mais pas avec celui effectué en condition SEQ. En effet, dans ce cas là, de bonnes capacités de traitement visuel simultané sont inutiles.





## **VII.10 ETUDE 11. L'EVA PREDIT-IL L'ACQUISITION DES CONNAISSANCES ORTHOGRAPHIQUES LEXICALES ?**

Les Etudes 1 et 2 ont confirmé l'existence d'un lien entre EVA et connaissances orthographiques lexicales. Plus précisément, l'EVA explique une part de la variabilité en lecture chez les enfants de cycle 3, indépendamment des mémoires verbales et visuo-spatiales. Les résultats de l'Etude 2 indiquent que l'EVA est prédictif du score d'usage dans la dictée «Le Corbeau », indépendamment des mémoires verbales et visuo-spatiales, et surtout de l'âge lexique. Ces deux premières études ont bien montré qu'une part de la variance observée dans les connaissances orthographiques lexicales est expliquée par l'EVA (voir aussi Bosse & Valdois, 2009, Valdois & Bosse, soumis). Les Etudes expérimentales 3 à 10, ont indiqué que le traitement visuel simultané semblait bien être impliqué dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale. L'EVA mesure les capacités de traitement visuel simultané, on pourrait s'attendre à ce qu'il soit impliqué dans les capacités d'apprentissage de l'orthographe lexicale. Dans l'Etude 11, on teste l'hypothèse d'un lien entre capacités d'apprentissage de l'orthographe lexicale en situation d'auto-apprentissage et EVA. Nous nous attendons à ce que les capacités de traitement visuel simultané, mesurées par une épreuve estimant l'empan visuo-attentionnel, soient corrélées au score d'apprentissage de la condition simultanée et pas avec celui de la condition séquentielle.

### **VII.10.1 POPULATION :**

260 enfants scolarisés en 4<sup>ème</sup> année et 5<sup>ème</sup> année sont intégrés dans cette étude. Ce sont les participants de l'Etude 10, complétés d'autres enfants ayant participé à trois autres études d'auto-apprentissage n'apparaissant pas dans la thèse (54, 18 et 40 sujets). Ils sont âgés en moyenne de 10 ans 2 mois (ET = 6.55 mois). Ils sont tous de langue maternelle française et ont une vision normale ou corrigée.

### **VII.10.2 MATÉRIEL**

La batterie d'évaluation comprenait la mesure de l'âge lexique avec le test de l'Alouette, (pour description voir Etude 1), la mesure de l'intelligence non verbale avec le PM38 (Etude 1), les capacités visuo-attentionnelles mesurées avec la tâche de report global (Etude 1), la

mémoire verbale donnée par l’empan de chiffres endroit (Etude 1), et la mémoire de travail visuo-spatiale mesurée avec la tâche d’empan de direction (Etude 1).

Les situations d’auto-apprentissage ne sont pas exactement les mêmes pour tous les participants inclus dans cette analyse. Cependant, ils sont tous confrontés à une situation d’auto-apprentissage dans laquelle certains items sont présentés en condition SIM et d’autres en condition SEQ. En phase d’apprentissage, les participants de l’Etude 10 lisent 12 pseudos-mots insérés dans des textes, alors que les autres lisent 14 items (ceux de l’Etude 6) présentés de manière isolée sur l’écran d’ordinateur. Les délais entre auto-apprentissage et test sont variables (0 et 7 jours pour les participants de l’Etude 10, 1 jour pour les autres) ne sont pas pris en compte dans cette analyse. L’épreuve de reconnaissance est informatisée (voir Etude 10). Un pourcentage moyen de pseudo-mot bien écrits ou bien reconnus a été calculé pour rendre les scores d’auto-apprentissage des différents participants comparables.

### VII.10.3 RÉSULTATS

Les différents résultats aux tâches contrôles et aux tests mesurant l’apprentissage de l’orthographe lexicale sont exposés dans le Tableau 51. Globalement, on peut noter un faible pourcentage de pseudo-mots bien écrits en dictée dans les deux conditions de présentation, avec une variabilité importante. Ce tableau laisse apparaître également une différence d’apprentissage entre les 2 conditions de présentation et ce, aussi bien en dictée qu’en reconnaissance. Les pseudo-mots lus sont mieux restitués sous la dictée ( $t(259) = 2.34$ ,  $p < .05$ ) et mieux reconnus ( $t(259) = 3.62$ ,  $p < .001$ ) lorsqu’ils ont été lus dans la condition SIM que dans la condition SEQ.

**Tableau 51. Etude 11, Moyennes, écart-types et étendues des différents scores obtenus lors des tests (EVA = empan visuo-attentionnel, et des épreuves d'auto-apprentissage en fonction de la condition de présentation (Sim = simultané, SEQ = séquentielle)**

	<b>Moyenne</b>	<b>(ET)</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
Age lexique	126.08	(19.3)	91	171
PM38	41	(5.8)	26	53
EVA	67.57	(17.85)	27.5	100
<b>Mémoire de travail : empan</b>				
verbal	6.64	(1.4)	4	12
Visuo-spatial	22.45	(3.9)	10	30
<b>%d'auto-apprentissage :</b>				
<b>Dictée</b>				
condition SIM	19.71	(18.1)	0	66.67
condition SEQ	16.87	(17.5)	0	71.43
<b>Reconnaissance orthographique</b>				
Condition SIM	69.08	(20.6)	0	100
Condition SEQ	62.88	(19.6)	16.67	100

Les facteurs entrés dans l'analyse de corrélation sont l'intelligence non verbale (PM38), l'EVA estimé par le report global de lettres, l'âge lexique, la mémoire de travail verbale et visuo-spatiale, et les scores standardisés d'auto-apprentissage en dictée et en reconnaissance en fonction de la condition de présentation (dictée-SIM, dictée-SEQ, choix-SIM et choix-SEQ).

L'âge lexique corrèle avec toutes les variables. La mémoire de travail verbale corrèle surtout avec le niveau de lecture, et la mémoire visuo-spatiale avec le score au PM38. Concernant l'auto-apprentissage, les scores dictée-SIM et dictée-SEQ corrélaient bien entre eux, et la corrélation entre dictée-SIM et choix-SIM est également significative. On remarque par contre que le score choix-SEQ ne corrèle avec aucune autre mesure d'auto-apprentissage ni avec aucune autre mesure contrôle. Le score choix-SIM ne corrèle qu'avec l'âge de lecture. Etant donné ces faibles corrélations observées sur les mesures en reconnaissance, nous avons mené la suite de nos analyses de régression uniquement sur les mesures de dictée.

L'EVA corrèle fortement avec l'âge de lecture et la mémoire de travail (verbale et visuo-spatiale) et avec le score d'auto-apprentissage, en dictée dans la condition SIM uniquement.

**Tableau 52. Etude 11, Corrélations entre les différentes épreuves (AR = âge réel, AL = âge lexicque, EVA = empan visuo-attentionnel, SIM = condition de présentation simultanée, SEQ = condition de présentation séquentielle)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. AR									
2. AL	.19								
3. PM38	.17	.41***							
4. EVA	.21	.53***	.27**						
<b>Mémoire de travail : empan</b>									
5. verbal	.15	.33***	.27**	.27**					
6. Visuo-spatial	.12	.23*	.46***	.35***	.22*				
<b>Auto-apprentissage</b>									
<b>Dictée</b>									
7. SIM	.22*	.37**	.22*	.34***	.22*	.13			
8. SEQ	.26**	.30**	.09	.21	.21	-.05	.40***		
<b>Reconnaissance orthographique</b>									
9. SIM	.20	.26**	.07	.20	.14	.09	.37**	.15	
10. SEQ	.05	.20	.09	.16	.00	-.05	.06	.27	.06

Note : significativité après correction de Bonferroni,  $p < .0005^*$ ,  $p < .0001^{**}$ ,  $p < .00001^{***}$

Une première série d'analyses de régression a été faite sur les scores standardisés en dictée, séparément pour les conditions SIM et SEQ. Les variables introduites dans les équations sont l'âge, le score au PM38, les scores de mémoire de travail visuo-spatiale (empan de direction) et verbale (empan envers) et l'empan visuo-attentionnel estimé par la tâche de report global (Tableau 53). On s'attend à ce que l'empan visuo-attentionnel prédise une part significative de variance en auto-apprentissage, uniquement lorsque celui-ci s'effectuait en condition de présentation simultanée. En cas d'auto-apprentissage en condition séquentielle, le traitement étant forcément sériel, la capacité de traitement visuel simultané ne devrait pas avoir d'influence.

Les résultats de ces analyses de régression révèlent que les 5 facteurs (âge, intelligence non verbale, mémoire de travail visuo-spatiale et verbale, EVA) expliquent ensemble seulement

8.6 % de la variance en dictée-SIM, ( $F(5,254) = 4.83, p < .001$ ) et 4,3 % en dictée-SEQ ( $F(5,254) = 2.31, p < .05$ ). La régression menée pas à pas (Tableau 53, partie gauche) montre que, conformément à notre hypothèse, l'EVA explique une part propre de la variance en dictée-SIM (3.7 %), mais pas en dictée-SEQ, quand elle est incluse en dernier dans l'analyse. Lorsque l'âge lexique est entré dans l'analyse de régression avant toutes les autres variables (Tableau 53, partie droite), l'équation explique 9.2 % de la variance en dictée-SIM, ( $F(6,253) = 4.27, p < .001$ ), 5.4 % en dictée-SEQ ( $F(6,253) = 2.43, p < .05$ ). L'âge lexique explique alors à lui seul la plus grande part de la variance expliquée en auto-apprentissage. Cependant, il est notable que l'EVA, entré en dernier dans l'équation, ajoute toujours une part significative de variance expliquée en dictée-SIM.

**Tableau 53. Résultats des analyses de régression ( $R^2$  ajoutés) effectuées sur la dictée en fonction de la condition de présentation (SIM = simultanée, SEQ = séquentielle), sans (gauche du tableau) ou avec (à droite du tableau) prise en compte de l'âge lexique**



Note : \* =  $p < .05$ , \*\* =  $p < .01$ , \*\*\* =  $p < .001$

#### VII.10.4 CONCLUSION DE L'ÉTUDE 11

L'Étude 2 avait montré que l'EVA était corrélé spécifiquement avec les connaissances lexicales orthographiques, mesurées par le score d'orthographe d'usage de la dictée « Le Corbeau », et pas avec le score d'orthographe grammaticale. L'Étude 11 confirme que l'EVA est corrélé avec les capacités d'auto-apprentissage des connaissances lexicales orthographiques, lorsque ces capacités sont mesurées par une tâche de dictée.

Conformément à notre hypothèse, ce lien n'est observé que lorsque la condition de présentation en phase d'auto-apprentissage permettait le traitement simultané des lettres de l'item (condition SIM). Ce lien est maintenu même si l'analyse inclut l'âge de lecture des participants dans l'équation.

Lorsque l'auto-apprentissage est évalué par une tâche de reconnaissance, les corrélations entre l'auto-apprentissage et les autres mesures sont presque toutes non significatives. La tâche de reconnaissance est une tâche de lecture, alors que la dictée est une tâche de production écrite. On sait qu'en lecture, la réponse peut être effectuée sur une prise d'informations incomplète, alors que la seconde nécessite le rappel complet, et dans le bon ordre, de toutes les lettres composant le pseudo-mot. Le test de dictée, bien plus que le test de reconnaissance, nécessite donc que la prise d'information préalable ait été exhaustive. Ces résultats décevants pour l'épreuve de reconnaissance orthographique se rapprochent des résultats de l'Etude 1, dans laquelle les relations entre EVA et décision lexicale orthographique n'ont pas été mis en évidence (sauf pour les mots courts). Ces observations soulèvent la question de ce qui est réellement mesuré par une tâche de reconnaissance par rapport à une tâche de production écrite.

# DISCUSSION





La lecture est une situation fondamentale d'auto-apprentissage de l'orthographe lexicale. Mis à part les capacités de lecture-décodage, l'ensemble de la littérature suggère que d'autres processus cognitifs pourraient être impliqués dans cette acquisition. Ainsi, des processus de traitement visuo-orthographiques sont fréquemment évoqués (Lennox & Siegel, 1994, 1998; Nazir et al., 2004; Rocher & Chanquoy, 2004; Share, 1995, 1999; Snowling et al., 1994), mais restent largement sous-spécifiés. En accord avec le modèle de lecture MTM (Ans et al., 1998) et les études sur l'empan visuo-attentionnel (e.g., Bosse et al., 2007 ; Dubois et al., 2010 ; Valdois et al. 2003 ; Valdois et al., 2004), nous avons émis l'hypothèse d'un rôle du traitement visuel simultané de l'ensemble des lettres du mot sur la mémorisation de son orthographe. L'idée principale de cette hypothèse est que l'auto-apprentissage de l'orthographe lexicale par la lecture dépend non seulement des capacités de décodage du mot lu, mais aussi de la capacité à traiter simultanément toutes les lettres constituant ce mot. Les études expérimentales de cette thèse (Etudes 3 à 10) explorent toutes le rôle du traitement visuel simultané sur l'acquisition de l'orthographe lexicale par auto-apprentissage, en contrastant une condition expérimentale où le traitement visuel simultané est possible (SIM), c'est-à-dire où toutes les lettres des items sont présentées simultanément pendant l'apprentissage, avec une autre condition où les items sont présentés séquentiellement (SEQ), c'est-à-dire où l'ensemble des lettres de l'item ne sont jamais visibles simultanément.

Comme l'hypothèse d'auto-apprentissage est fondée sur l'idée que les connaissances orthographiques lexicales s'acquièrent essentiellement grâce à la lecture correcte des mots nouveaux, nous avons systématiquement contrôlé le niveau de décodage des items en phase d'apprentissage. Surtout, nous avons contrôlé si ce niveau de décodage était équivalent selon les différentes conditions expérimentales. En effet, il était important de montrer que les différences obtenues en apprentissage entre nos différentes conditions de présentation ne s'accompagnaient pas de différences du niveau de décodage en phase d'apprentissage.

Ainsi, le niveau de décodage des items a été mesuré dans toutes nos études. La lecture des items était globalement très bonne sur l'ensemble des études (plus de 80 % des pseudo-mots bien décodés), montrant que nos conditions expérimentales étaient adaptées au niveau de lecture des participants.

Les résultats, dans l'épreuve de reconnaissance orthographique, des Etudes 3, 4, 5 pour les 2<sup>èmes</sup> années, 6 et 10, 8 chez l'adulte, sont consistants avec cette hypothèse. Dans cette épreuve, dès la deuxième année (2<sup>ème</sup> année, Etude 5) et jusqu'à l'âge adulte, la reconnaissance de l'orthographe de l'item lu précédemment est plus faible quand l'item a été lu en condition SEQ, la condition qui permet le décodage tout en empêchant le traitement visuel simultané (voir cependant Etude 9). Cet effet de la condition de présentation ne semble pas varier en fonction des niveaux scolaires à partir de la deuxième année (Etude 5), et est observable aussi bien lorsque le test de reconnaissance est effectué tout de suite après l'apprentissage (Etudes 3 et 10) ou bien 1 jour (Etudes 6, 8) voire 7 jours après l'apprentissage (Etudes 3, 4, 5, 6, 10). Dans les Etudes 7 et 8, chez l'adulte et l'Etude 10, chez l'enfant, les résultats dans l'épreuve de dictée sont également consistants avec l'hypothèse d'un avantage du traitement visuel simultané sur la mémorisation de l'orthographe lexicale.

Dans cette discussion sont maintenant abordées en détail, successivement, les questions du lien entre auto-apprentissage et lecture-décodage, puis du lien entre auto-apprentissage et traitement visuel simultané et enfin du lien entre empan visuo-attentionnel et auto-apprentissage de l'orthographe. Les perspectives de recherches futures et les implications de notre travail sur la pratique seront ensuite discutées.

### **COMPETENCES EN LECTURE-DECODAGE ET AUTO-APPRENTISSAGE DE L'ORTHOGRAPHE**

Certains résultats obtenus dans cette thèse fournissent des éléments qui confirment que des situations habituelles de lecture permettent l'apprentissage de l'orthographe. Conformément aux études d'auto-apprentissage (Bowey & Muller, 2005; Cunningham, 2006; Cunningham et al., 2002; De Jong & Share, 2007; Kyte & Johnson, 2006; Share, 1999), l'ensemble de nos résultats confirme l'apprentissage des formes orthographiques des mots lus, dans diverses conditions et à différents âges.

#### **IMPORTANCE DU DELAI**

L'orthographe des mots lus est bien reconnue immédiatement après la lecture (Etudes 3 et 10), et semble persister à long terme, même si l'augmentation du délai à 7 jours entre lecture et reconnaissance fait diminuer significativement le taux de reconnaissance (Etudes 3 et 10). On n'observe cependant aucune perte des connaissances orthographiques lorsque le délai varie de 1 à 7 jours (Etude 6). Cela semble suggérer que la perte d'informations se fait essentiellement entre 0 et 1 jour. Dans la littérature, l'étude du délai sur l'auto-

apprentissage ne donne pas de résultats homogènes. Share (2004) reprend son paradigme d'auto-apprentissage auprès d'enfants de 3<sup>ème</sup> année et fait varier d'une part le nombre d'expositions au pseudo mot cible, d'autre part le délai entre la phase d'apprentissage et les post-tests à 3, 7 et 30 jours. Ses résultats révèlent que l'apprentissage est effectif dès la première exposition et que les connaissances acquises sont maintenues avec un délai de 30 jours. Au contraire, Bowey et Muller (2005) trouvent un apprentissage plus conséquent avec un délai immédiat qu'avec un délai de 6 jours. En fait, Nation et al. (2007) pointent les différences entre ces deux études, de par la langue d'une part, hébreu versus anglais, et de par le mode de lecture des items d'autre part, voix haute versus silencieuse. Ces auteurs reprennent le paradigme expérimental en langue anglaise et en lecture à haute voix. Leurs résultats révèlent un effet significatif du délai (1 jour vs. 7 jours). Nos résultats sont en accord avec ceux de Bowey et Muller (2005) et de Share (2004) et avec l'hypothèse que la perte d'information orthographique est importante surtout entre le moment de l'apprentissage et le lendemain. Si les connaissances orthographiques sont maintenues au-delà de 1 jour alors elles le sont jusqu'à 7 jours (Etude 6), voire 30 pour Share (2004). Toutefois, les données de Nation et al. (2007) suggèrent aussi une perte de l'information orthographique après le premier jour. C'est pour quoi, un autre point peut être discuté dans l'implication du délai sur le maintien des connaissances orthographiques. Il semble que le niveau scolaire des enfants testés soit une donnée cruciale pour comprendre ces effets, en apparence inconsistants, du délai. En effet, notre étude porte sur des élèves de 5<sup>ème</sup> année alors qu'un effet significatif du délai est observé avec des anglophones ou francophones de 3<sup>ème</sup> année. Or, dans ces langues opaques, les élèves progressent encore beaucoup entre la 3<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> année de primaire, en terme par exemple d'automatisation ou d'efficacité des stratégies. Il est alors possible de supposer que ces différences ont un impact sur le maintien à long terme des connaissances orthographiques acquises par la lecture. L'hébreu étant une langue très transparente, il est possible que les enfants hébraïques de 3<sup>ème</sup> année aient atteint un degré d'automatisation et des stratégies aussi efficaces que des enfants anglophones ou francophones plus âgés, ce qui pourrait expliquer aussi l'absence d'effet du délai dans Share (2004).

Il serait intéressant de tester l'auto-apprentissage systématiquement après 0, 1 jour, 2 jours etc. afin de mieux comprendre l'évolution des connaissances orthographiques en mémoire, indépendamment du niveau scolaire.

### IMPORTANCE DU NIVEAU SCOLAIRE

On observe que le taux de reconnaissance de l'orthographe augmente avec le niveau scolaire (Etudes 4 et 5). En fait, bien que les analyses montrent que les choix des participants sur les différents items présentés dans cette épreuve ne soient pas répartis au hasard dès la deuxième année et au-delà (analyses de  $\chi^2$ , Etudes 3, 4, 5, 6 et 10), le taux de reconnaissances de l'item appris est encore très faible en deuxième année (37,7 % pour un hasard à 33 %) et augmente jusqu'à la cinquième année (50 % dans l'Etude 4 pour un hasard à 33 %, 81 % dans l'Etude 10 pour un hasard à 50 %). L'acquisition des connaissances orthographiques lexicales a déjà été observée dès la première année en situation d'auto-apprentissage (Cunningham, 2006 ; Kwon et al., 2007) avec des taux de reconnaissance de 49 % pour un hasard à 25 % (Cunningham, 2006). Toutefois, Share (2004) trouve que les scores des débutants lecteurs hébraïques à la tâche de reconnaissance ne diffèrent pas du hasard. Pour lui, cette différence de résultats s'explique par la transparence de la langue. Dans une langue très transparente, les enfants ne seraient pas incités à prélever une information orthographique sur tout le mot, le niveau phonologique étant suffisant pour bien le lire. Les résultats très faibles observés chez les enfants de première année dans l'Etude 5, peuvent s'expliquer par la dominance de la stratégie de lecture analytique à ce niveau scolaire en français, mais aussi par la complexité de la tâche et des items.

### COMPLEXITE DES ITEMS

Il est important de remarquer que les items appris par auto-apprentissage dans nos études, sont des items beaucoup plus longs et complexes que tous les items proposés dans les études antérieures d'auto-apprentissage chez l'enfant en hébreu ou en anglais. En effet, nos items sont presque toujours dissyllabiques (sauf Etude 3), incluent toujours plusieurs graphèmes inconsistants et ont une longueur moyenne de 7 lettres. Au contraire, les items des études d'auto-apprentissage en anglais sont presque toujours monosyllabiques et ont entre 4 et 5 lettres en moyenne (e.g., Bowey & Muller, 2005 ; Cunningham et al., 2002 ; Cunningham, 2006 ; Nation et al., 2007). Share (1999) utilise des mots polysyllabiques qui ne dépassent pas 5 lettres (en hébreu, les lettres correspondent seulement aux consonnes) et restent donc peu complexes. La mise en évidence d'un auto-apprentissage de l'orthographe lexicale dans nos différentes études permet donc de généraliser l'hypothèse d'auto-apprentissage à des mots nouveaux de plusieurs syllabes et de complexité orthographique importante. Même si Share (2004) argue que la transparence de la langue a induit une

stratégie de lecture analytique freinant l'apprentissage des connaissances orthographiques lexicales pour les enfants de première année, Nation et al. (2007) pointent un apprentissage de l'orthographe plus facile lorsque la langue est transparente. Weekes, Castles, & Davies (2006) étudient l'impact de la consistance dans la lecture et l'écriture chez des enfants de 7 à 11 ans. Ces auteurs montrent un effet de la consistance (les mots inconsistants sont moins bien lus que les mots consistants) en lecture surtout chez les plus jeunes. Cet effet existe également en production orthographique sans différence d'âge. Afin de mesurer un apprentissage réel de l'orthographe lexicale et non pas une simple habileté à transcrire des phonèmes en graphèmes, nous avons opté dans notre travail de recherches pour des mots très inconsistants. Cette inconsistance pourrait expliquer la faiblesse des scores obtenus en dictée. Toutefois, les scores en reconnaissance laissent supposer un début d'apprentissage de l'orthographe dès 2 occurrences chez l'adulte et 4 occurrences chez l'enfant.

#### **IMPORTANCE DU CONTEXTE**

Les taux d'auto-apprentissage de mots lus varient selon les paradigmes. Pour des enfants de troisième année et après un délai identique de 7 jours, les scores en reconnaissance semblent plus faibles dans l'Etude 4 que dans l'Etude 3 (jusqu'à 75 % de bonnes reconnaissances dans l'Etude 3 vs. 35 % dans l'Etude 4). Ces différences de performances peuvent probablement s'expliquer par des différences dans les phases d'apprentissage. En particulier, les items cibles ont été lus sans contexte dans l'Etude 4, alors qu'ils étaient inclus dans des textes porteurs de sens dans l'Etude 3. Nous n'avons pas exploré systématiquement le rôle du contexte dans nos études, mais nous constatons de meilleurs scores d'apprentissage quand l'auto-apprentissage se faisait avec contexte. Le contexte est connu pour aider l'enfant dans sa lecture (e.g., Andrews & Bond, 2009). Cependant, les quelques recherches qui ont exploré le rôle du contexte dans la mémorisation de l'orthographe en auto-apprentissage ont donné des résultats contradictoires. Nation et al. (2007) n'ont mis en évidence aucun rôle du contexte. Wang et al. (2011) ont reporté des effets de contexte uniquement quand les items traités étaient des pseudo-mots avec une prononciation rare (e.g., cleap prononcé /cleip/), c'est-à-dire inconsistants non seulement en écriture mais aussi en lecture. Dans nos études, ce n'est pas le cas (nos pseudo-mots sont inconsistants en écriture mais pas en lecture), mais les items à traiter sont peut-être suffisamment complexes pour que le contexte ait pu jouer un rôle.

D'autres différences fondamentales entre les situations d'auto-apprentissage avec et sans contexte auraient pu aussi avoir une influence sur la mémorisation. Par exemple, chaque pseudo-mot en contexte est vu plusieurs fois de suite dans son texte, sans être mélangé aux autres items. Au contraire, en situation d'auto-apprentissage sans contexte, les pseudo-mots à lire sont présentés tous mélangés, dans un ordre aléatoire. Il est possible que le fait de lire plusieurs fois de suite un mot nouveau, permette une meilleure mémorisation de son orthographe que le fait de le lire plusieurs fois non consécutives, au milieu d'autres mots nouveaux. Aucune étude d'auto-apprentissage n'a, à notre connaissance, testé directement cet effet de l'ordre des lectures. Dans les Etudes 4 à 9, sans contexte, un même item n'est jamais lu plusieurs fois de suite. Les items sont présentés l'un après l'autre, plusieurs fois chacun, mais tous mélangés dans un ordre aléatoire. On pourrait penser que ces conditions de lecture (e.g., 56 lectures dans l'Etude 4) rendent l'apprentissage de l'orthographe lexicale beaucoup plus difficile. Par exemple, cette situation peut amener le lecteur à être confronté dans deux mots successifs, aux deux graphies possibles d'un même phonème cible (e.g., /*ɛ̃*/ dans « deintto », suivi de « taingulle »). Cette complexité de la tâche pourrait créer des interférences dans la mémorisation des pseudo-mots. Dans les Etudes 3 et 10 en contexte, les différentes occurrences des pseudo-mots sont incluses dans un même texte. La même information orthographique est donc donnée successivement plusieurs fois, sans interférer avec d'autres.

Un autre point aurait pu favoriser l'apprentissage de l'orthographe lexicale dans les Etudes en contexte. D'une part, le nombre d'items à lire est moins important (12 vs 14 dans les Etudes 4 à 8). D'autre part, le paradigme des Etudes 3 et 10 implique une répartition des lectures, donc de l'apprentissage, en 2 sessions. De ce fait, les participants avaient à mémoriser 6 items à chaque session, alors que dans les Etudes 4 à 8, les 14 pseudo-mots étaient à mémoriser en une seule fois. Quoi qu'il en soit, que la différence entre situation avec et sans contexte s'explique par le contexte lui-même, par le fait que les différentes lectures d'un même item se suivent, ou par le fait que l'apprentissage soit réparti en deux sessions, cette question mériterait d'être exploré méthodiquement, parce qu'elle pourrait avoir des conséquences importantes, non seulement sur la théorie de l'auto-apprentissage mais aussi sur les pratiques d'enseignement.

### **EFFET DU NOMBRE D'OCCURRENCES**

En hébreu, Share (2004) montre que l'apprentissage de l'orthographe est efficient dès la première occurrence, alors que Nation et al. (2007), en anglais indiquent un meilleur apprentissage après 4 occurrences. Pour Bowey et Muller (2005), l'apprentissage est encore meilleur après 8 occurrences. Nous n'avons pas comparé directement le nombre d'occurrences dans nos différentes études. Toutefois, nous avons pu montrer que l'apprentissage de l'orthographe lexicale est efficient après 2 occurrences pour l'adulte (Etudes 7 et 8), et dès 4 occurrences chez les enfants (Etudes 4 à 10). Les analyses effectuées sur la lecture en phase d'apprentissage (Etude 10) laissent également supposer qu'un apprentissage a pu être effectif après la première occurrence du pseudo-mot. En effet, le nombre d'erreurs diminue significativement entre la première lecture et les suivantes. De même, les participants lisent plus rapidement le pseudo-mot dès la deuxième occurrence.

Plusieurs études d'auto-apprentissage de l'orthographe suggèrent que les connaissances lexicales acquises par auto-apprentissage sont visibles aussi bien dans une épreuve de choix orthographique que d'écriture sous dictée (Cunningham et al., 2002 ; Share, 1999). D'autres études suggèrent une faiblesse ou une absence d'effet d'apprentissage sur la tâche de dictée (Cunningham, 2006 ; Share, 2004), mais qui peut facilement s'expliquer par l'âge et l'expérience de lecture des participants (1<sup>ère</sup> année d'apprentissage). Dans toutes nos études expérimentales conduites chez l'enfant, le rappel de l'orthographe des mots lus en dictée est toujours beaucoup plus faible que la reconnaissance, comme attendu compte tenu des différences de difficulté entre ces deux épreuves (e.g., Gombert et al., 1997). Certains résultats en dictée sont trop faibles pour être soumis à une quelconque analyse (Etudes 3). Cependant, certaines analyses qualitatives des erreurs en dictée ont permis d'apporter certaines précisions (Etudes 4, 5 et 10). Enfin, les participants de l'Etude 10 obtiennent, lorsqu'ils sont testés sans délai après l'apprentissage, un score en dictée suffisant (20 %) pour mettre en évidence une mémorisation de l'orthographe en situation de production écrite. Il serait intéressant de poursuivre les études d'auto-apprentissage en augmentant le nombre de lectures d'un même mot en phase d'apprentissage, pour connaître le nombre d'occurrences nécessaires à un pourcentage de production orthographique correcte plus élevé.

En accord avec les analyses par items de Nation et al. (2007), nos analyses ne sont pas compatibles avec une version « dure » de l'hypothèse d'auto-apprentissage (i.e., dans

laquelle sans bonne lecture il ne peut y avoir d'apprentissage). Même si l'acquisition de l'orthographe lexicale est globalement meilleure pour les items lus correctement que pour ceux qui ont été mal lus en phase d'apprentissage (Etudes 3, 4, 5, 6 et 10 autant pour un délai de 0 jour que pour un délai de 7 jours), la relation ne se vérifie pas toujours au niveau d'une analyse item par item quand la variabilité entre les participants a été prise en compte (Etude 4). Il y a bien sûr de nombreux items bien lus dont l'orthographe n'a pas été mémorisée, mais également des items mal lus en phase d'apprentissage, et pourtant bien reconnus (13 %, 5 %, 12 % et 8 % respectivement dans les Etudes 3, 4, 5 et 6) ou bien écrits (13 % dans Etude 10). Ces résultats confirment que, au-delà du niveau de lecture-décodage de l'item, d'autres facteurs sont impliqués dans l'auto-apprentissage de l'orthographe (Cunningham, 2006; Cunningham et al., 2002; Nation et al., 2007; Shahar-Yames & Share, 2008). Cette question va maintenant être discutée en regard des différents résultats expérimentaux obtenus avec la manipulation du traitement visuel simultané en phase d'apprentissage.

#### **TRAITEMENT VISUEL SIMULTANE DU MOT ET AUTO-APPRENTISSAGE**

Le résultat principal de nos études expérimentales est que le traitement visuel simultané sur le mot entier permet l'acquisition de l'orthographe lexicale à long terme, alors qu'un traitement obligatoirement séquentiel défavorise cette acquisition. Ce résultat est confirmé dans la plupart de nos études expérimentales, avec des paradigmes et des items différents, chez l'enfant (Etudes 3 à 6, Etude 10) et chez l'adulte (Etude 7 et 8). Dans toutes ces études, l'auto-apprentissage de l'orthographe spécifique d'items nouveaux par la lecture est moins bon lorsque la présentation des items empêche le traitement visuel simultané du mot (condition séquentielle, SEQ). Seuls les enfants de première année (Etude 5) et les adultes de l'Etude 9 ne présentent pas un meilleur apprentissage orthographique lorsque le traitement visuel simultané est possible (condition simultanée, SIM). Les participants des autres études expérimentales reconnaissent significativement moins d'items cibles lus en condition SEQ (Etudes 3 à 6, Etudes 8 et 10) qu'en condition SIM, lorsqu'ils doivent sélectionner la bonne orthographe de l'item lu parmi des distracteurs homophones. Dans cette même tâche de reconnaissance, les participants de l'Etude 10 reconnaissent plus rapidement les items cibles lus en condition SIM que ceux lus dans l'autre condition. Certains scores en dictée sont aussi significativement meilleurs après l'apprentissage en condition SIM (Etudes 7, 8 et 10), malgré la difficulté générale de cette tâche. De plus, des analyses de régression montrent



que la condition de présentation affecte l'acquisition de l'orthographe lexicale, même après contrôle de la variabilité expliquée par le niveau de décodage (Etudes 3 et 4). L'ensemble de ces résultats est compatible avec notre hypothèse que le traitement visuel simultané du mot entier pendant la lecture est impliqué dans la mémorisation de l'orthographe lexicale.

#### **LE DELAI**

Nous avons fait l'hypothèse que le traitement visuel simultané aurait une influence sur la mémorisation des connaissances lexicales orthographiques en mémoire à long terme. Par conséquent, on s'attendait à ce que l'effet de la condition de présentation sur la reconnaissance de l'orthographe lexicale soit visible même après un délai important entre apprentissage et test de l'orthographe. Nos résultats confirment cette hypothèse, puisque l'effet de la condition de présentation (SIM vs. SEQ) est visible sans délai (Etudes 3 et 10) ou après 1 jour (Etude 6), et se maintient après un délai de 7 jours (Etudes 3, 6 et 10). Il semble donc que l'effet du traitement visuel simultané ne soit pas dû à une perte mnésique plus importante des items acquis en condition SEQ, mais bien à une différence dans la qualité de l'encodage, au moment même de l'auto-apprentissage.

#### **LE CONTROLE DE LA LECTURE**

Comme l'hypothèse d'auto-apprentissage prédit que le niveau de lecture des items est le principal facteur affectant l'acquisition de l'orthographe, le niveau de décodage des items a été mesuré dans toutes nos études, et systématiquement comparé entre les conditions SIM et SEQ. Le niveau de décodage des items est très bon dans presque toutes nos expériences, nos conditions expérimentales étaient adaptées au niveau de lecture des participants. On peut noter un taux de bonnes lectures de 57 % seulement pour les participants de 1<sup>ère</sup> année (Etude 5), mais vu la difficulté des items, ce taux semble normal pour ce niveau scolaire. Plus fondamental pour notre propos, lorsque nous avons observé un avantage de la condition SIM sur l'auto-apprentissage, le niveau de décodage était soit équivalent entre les conditions SIM et SEQ (Etudes 3 à 8), soit le score de décodage des items était même meilleur en condition SEQ qu'en condition SIM (Etude 10). Ces résultats suggèrent que, même lorsque le niveau de décodage n'est pas optimal, le traitement visuel simultané peut favoriser la mémorisation de l'orthographe lexicale.

Etant donné que le niveau de lecture-décodage peut présenter des effets plafonds pour les lecteurs expérimentés, la vitesse de lecture peut être considérée comme une autre mesure de l'efficacité en lecture, plus discriminante et susceptible d'affecter l'auto-apprentissage.

C'est pourquoi nous avons pris soin de mesurer, en plus du niveau de décodage, la vitesse de lecture en phase d'apprentissage. Dans l'Etude 3, seule la vitesse de lecture des textes entiers a pu être mesurée. Cette vitesse moyenne varie en fonction de la condition de présentation (vitesse de lecture plus rapide en condition SIM lors de la session 1). Toutefois, l'analyse de régression montre que la condition de présentation explique une part significative de reconnaissance de l'orthographe après contrôle de la variabilité due à la vitesse de lecture et au décodage. Dans les Etudes 4, 5 et 6, la première syllabe de l'item à lire apparaissait d'abord, puis le participant lançait l'apparition de la seconde syllabe. La vitesse de lecture de chaque item isolé a pu être estimée par la rapidité de traitement de la première syllabe et par le temps de latence à partir de l'apparition de la seconde syllabe. Les analyses ont mis en évidence des vitesses de lecture équivalentes entre les deux conditions de présentation (SIM vs. SEQ) à partir de la troisième année (Etudes 4 et 6) et une différence de vitesse de lecture entre les conditions au cycle II (Etude 5).

Dans les études 4 et 6, même si les vitesses de lecture se sont révélées équivalentes entre les conditions de présentation, il faut noter que la première syllabe est présente à l'écran systématiquement plus longtemps en condition SIM où elle est maintenue à l'écran à l'apparition de la seconde syllabe, alors qu'en condition SEQ elle disparaît à l'apparition de la seconde syllabe. Alors, on pourrait penser que l'effet significatif de la condition de présentation reflète simplement l'effet de la durée de présentation de la première syllabe. Cependant, si la durée de présentation de la syllabe à l'écran est un facteur influant, la première syllabe des items devrait être favorisée dans la condition SIM par rapport à la condition SEQ. Cet effet de la durée de la syllabe pourrait alors affecter aussi bien la lecture en phase d'apprentissage, que la mémorisation de l'orthographe ensuite. Or, pendant la phase d'apprentissage, nous trouvons une proportion d'erreurs de lecture dans chaque syllabe, identique dans les deux conditions de présentation. Sur la première syllabe, il n'y a pas plus d'erreurs de lecture en condition SEQ qu'en SIM (Etudes 4 et 5). De plus, même dans la condition SIM où la première syllabe de l'item est vue plus longtemps, cette première syllabe engendre plus d'erreurs de lecture que la seconde syllabe (Etude 4) ou au moins autant chez les plus petits (Etude 5). Ces deux observations suggèrent fortement qu'un temps de présentation plus long de la syllabe à l'écran n'a pas eu d'influence sur sa lecture. En ce qui concerne l'acquisition de l'orthographe du mot, plusieurs résultats suggèrent aussi une absence d'effet du temps de présentation de la syllabe. Une analyse de

régression menée séparément pour chaque condition de présentation, montre que la durée totale de l'item (correspondant à la durée de la première syllabe en condition SIM) n'est pas un facteur prédictif du score de reconnaissance de l'item (Etude 6). Ensuite, l'analyse par syllabe des erreurs en dictée (Etudes 4 et 5) montre que le graphème cible de la seconde syllabe est significativement mieux rappelé que celui de la première syllabe. Cet effet de la syllabe sur le taux de rappel correct de l'orthographe est indépendant de la condition de présentation, il est présent même si l'item a été lu en condition SIM. L'ensemble de ces analyses suggère donc que ni la durée de présentation de la syllabe, ni la durée totale de traitement de l'item ne puissent expliquer les différences d'apprentissage de l'orthographe entre les conditions SIM et SEQ. L'influence du traitement visuel simultané sur la mémorisation de l'orthographe semble une idée valide.

#### LE TEMPS DE PRESENTATION

Cependant, afin d'éliminer complètement l'hypothèse d'une influence des temps de présentation des items à l'écran en phase d'apprentissage, les études suivantes ont poursuivi l'investigation du traitement visuel simultané, en fixant totalement le temps d'apparition des items en phase d'apprentissage (Etudes 7, 8, 9 et 10). Ainsi, chez l'enfant de cinquième année (Etude 10), la variable « durée de présentation totale de l'item » (800 ms vs 1600 ms) a été croisée avec la condition de présentation (SIM vs SEQ). De ce fait, nous avons pu tester directement l'interaction entre le temps de présentation total de l'item et la condition de présentation. Les résultats de l'Etude 10, révèlent un effet significatif de la condition de présentation, tant sur le score et la vitesse de reconnaissance que sur le score de dictée. Les participants reconnaissent et écrivent mieux les pseudo-mots lorsqu'ils ont été lus dans la condition SIM. Le facteur temps de présentation n'est pas significatif, suggérant que, quel que soit le temps de présentation, l'apprentissage de l'orthographe lexicale est identique. De plus, l'effet d'interaction entre la condition de présentation et le temps de présentation n'est pas significatif. Donc, une variation du temps de présentation des lettres de l'item ne modifie pas l'effet de la condition de présentation. Il semble bien que ce soit la possibilité d'effectuer un traitement visuel simultané sur l'ensemble des lettres du mot qui soit favorable à l'acquisition des connaissances orthographiques, et pas la possibilité de traiter chaque lettre du mot plus longtemps (Etude 10).

Chez l'adulte, nous avons fixé d'abord le temps d'apparition des syllabes à l'écran (Etudes 7 et 8). Avec des temps de présentation par syllabe fixés de 200 ms, l'effet de la condition de

présentation est significatif sur les scores en dictée mots entiers (2 fois plus d'items bien écrits lorsqu'ils ont été lus dans la condition SIM). Cet effet de la condition n'est plus significatif sur les scores par graphèmes (Etudes 7 et 8). Ceci suggère que c'est bien la connaissance orthographique spécifique du mot entier qui est modulée par le traitement visuel. Les pseudo-mots sont globalement très bien reconnus par les adultes (75% de bonnes reconnaissances), mais l'effet de la condition de présentation sur le score de reconnaissance n'est significatif que dans l'Etude 8. Aucun effet n'est visible sur la vitesse de reconnaissance des items. Il est fondamental de noter que, dans ces études, la condition de présentation SIM est défavorisée car l'item n'apparaît que 200 ms à l'écran, ce qui fait un temps moyen de traitement par syllabe de 100 ms. Dans la condition SEQ, par contre, chaque syllabe peut être traitée pendant 200 ms. Les sujets ont donc deux fois plus de temps pour prendre l'information visuelle sur chaque syllabe. Malgré ça, les items sont mieux rappelés en condition SIM (Etudes 7 et 8), ce qui renforce l'idée que le temps de présentation des lettres à l'écran n'est pas une variable pertinente pour l'auto-apprentissage. On peut faire l'hypothèse que, chez les lecteurs experts au moins, le traitement visuel simultané se fasse très rapidement, même sur des mots nouveaux. Le traitement séquentiel avec réduction de la fenêtre visuo-attentionnelle ne serait plus habituel pour ces lecteurs.

#### **LA SACCADÉ OCULAIRE**

Il est également possible que lors du traitement obligatoirement séquentiel (condition SEQ) et avec des temps d'apparition aussi rapide, le temps nécessaire à l'exécution d'une saccade oculaire entre le point de fixation et la première syllabe, puis entre la première et la seconde syllabe, ait gêné le traitement et soit à l'origine de l'effet de la condition de présentation sur la mémorisation orthographique dans l'Etude 7. C'est pourquoi, dans l'Etude 8, nous avons proposé une autre condition d'apprentissage SEQ sans nécessité de saccades oculaires. Dans cette condition, les deux syllabes apparaissaient successivement, 200 ms chacune, en position centrale. Les résultats montrent toujours un effet de la condition SIM dans l'apprentissage de l'orthographe, que ce soit en dictée ou en score de reconnaissance. Cela suggère que dans l'Etude 7 comme dans toutes les études chez l'enfant, ce n'est pas le fait d'effectuer une saccade oculaire qui a pu défavoriser l'apprentissage orthographique dans la condition SEQ.

Les analyses par items prenant en compte le niveau de décodage de chaque item en phase d'apprentissage, révèlent que l'effet du traitement visuel simultané impacte l'acquisition de l'orthographe seulement (analyses par items, Etudes 3, 4, 6) ou surtout (Etude 10) pour les items correctement lus. Ces résultats suggèrent que le traitement visuel affecte l'apprentissage à une étape de traitement consécutive au décodage. Cependant, dans ces analyses, le nombre d'items mal lus en phase de décodage est toujours faible. Cette faiblesse d'effectif pourrait expliquer l'absence d'effet sur les items mal lus. Ainsi, la question de savoir si le traitement visuel simultané, composante supposée du facteur « visuo-orthographique » fréquemment évoqué dans la littérature (e.g., Share, 1995), agit lors d'une seconde étape, après le décodage, ou indépendamment de celui-ci, reste posée.

L'idée selon laquelle le traitement visuel simultané favorise l'acquisition de l'orthographe lexicale à long terme est en accord avec le processus d'apprentissage du modèle de lecture MTM (Ans et al., 1998 ; Valdois et al., 2004). Dans ce modèle, la mémorisation de l'orthographe spécifique d'un mot pendant sa lecture correspond à la création d'une nouvelle trace-mot en mémoire épisodique. Cette création survient en phase d'apprentissage, chaque fois que le modèle reçoit et traite simultanément l'information orthographique du mot entier (toutes les lettres sont traitées en parallèle) et la forme phonologique du mot entier. Dans une situation d'auto-apprentissage, on suppose que la procédure analytique est utilisée. Des unités sous-lexicales (e.g., des syllabes) sont traitées séquentiellement, et décodées jusqu'à ce que la forme phonologique entière du mot puisse être générée. Cette lecture-décodage utilise donc une fenêtre visuo-attentionnelle réduite, qui traite séquentiellement différentes parties du mot. A la fin du traitement analytique, la forme phonologique entière du mot est donc disponible en mémoire à court terme phonologique. Cependant, pour que la création d'une trace-mot soit possible, la forme orthographique entière du mot doit alors être réactivée au niveau de l'entrée orthographique. Ceci nécessite que la fenêtre visuo-attentionnelle s'étende sur la séquence orthographique entière du mot, à la fin du traitement analytique. Dans nos études expérimentales, cette étape de réallocation de l'attention visuelle sur la séquence orthographique entière est rendue impossible dans la condition SEQ. Un moindre apprentissage de l'orthographe lexicale spécifique dans cette condition est donc totalement compatible avec le fonctionnement du modèle théorique. Il faut noter que, dans le cadre de conceptions théoriques différentes de la lecture, autres que celle du modèle MTM (e.g., la

conception à double ou multiples voies), l'importance du traitement visuel simultané de l'ensemble des lettres du mot traité a également été récemment suggérée (Grainger et Ziegler, 2011) mais pas modélisée.

#### **EMPAN VISUO-ATTENTIONNEL ET CONNAISSANCES LEXICALES ORTHOGRAPHIQUES**

L'empan visuo-attentionnel (EVA) a été proposé comme une estimation de la capacité maximale de traitement de la fenêtre visuo-attentionnelle du modèle MTM (Bosse et al., 2007), il est estimé par les épreuves de report global et partiel de lettres. Plusieurs études de cas ont décrit des dyslexiques avec un EVA réduit associé à des connaissances orthographiques très faibles (Dubois et al., 2007; Valdois et al., 2003; Valdois et al., sous presse). Des études de groupes ont trouvé qu'un nombre non négligeable de dyslexiques présentait un EVA réduit, et que les capacités visuo-attentionnelles expliquaient une part significative de variance en lecture après contrôle des habiletés phonologiques (Bosse et al., 2007). En fait, la variabilité de l'EVA existe aussi chez les enfants normo-lecteurs et explique essentiellement la variance en lecture de mots irréguliers, en vitesse de lecture (Bosse & Valdois, 2009) et en production écrite de mots irréguliers (Bosse & Valdois, 2008, Valdois & Bosse, soumis). Le cadre théorique MTM et des données empiriques suggèrent donc déjà un rôle de l'EVA dans l'acquisition des connaissances lexicales orthographiques spécifiques. Nous avons posé comme hypothèse de ce travail que le traitement visuel simultané était impliqué dans l'apprentissage des connaissances orthographiques lexicales. De ce fait, on s'attend à observer des corrélations entre l'EVA et les connaissances orthographiques lexicales. Dans l'Etude 2, nous nous sommes assurés que l'EVA n'était pas corrélé avec d'autres types de connaissances orthographiques. Par la dictée « Le Corbeau » (Chevrié-Muller, Simon, & Fournier, 1997), nous avons obtenu un score d'usage, correspondant aux connaissances orthographiques lexicales, un score phonologique, renvoyant aux connaissances sur les correspondances phono-graphémiques, et un score grammatical, reflétant les connaissances orthographiques grammaticales des participants. De par notre hypothèse, l'EVA devrait expliquer une part de la variance du score d'usage uniquement. Les résultats de cette Etude 2 révèlent que 3 % de la variance du score d'usage sont expliqués par l'EVA, indépendamment de l'âge lexique, et des mémoires verbales et visuo-spatiales. Ils confirment également que le score grammatical ne peut être expliqué par l'EVA. Dans l'Etude 11, nous avons voulu montrer que l'EVA pouvait prédire une part de la variance des capacités d'acquisition des connaissances orthographiques lexicales. On s'attendait à ce que

l'EVA soit un facteur prédictif du score d'apprentissage lorsque celui-ci était effectué dans une condition permettant un traitement visuel simultané, soit dans la condition SIM. Effectivement, les résultats confirment notre hypothèse et révèlent que, une fois pris en compte l'âge lexique, les mémoires visuo-spatiales et verbales, l'EVA expliquait une part significative de la variance du score d'apprentissage obtenu en production orthographique (2 %). Ainsi, par ces deux études, nous avons, d'une part confirmé les résultats obtenus par Bosse et Valdois (2008), Valdois et Bosse (soumis), d'autre part précisé que le lien observé entre EVA et connaissances orthographiques est bien spécifique aux connaissances lexicales (Etude 2) et aux situations d'auto-apprentissage où le traitement simultané est possible (Etude 11).

Le traitement visuel simultané d'un ensemble d'éléments distincts comme des lettres, est un acte cognitif complexe. Dans son modèle de l'attention visuelle, Bundesen (1998) a déterminé au moins trois paramètres impliqués dans le traitement visuel simultané d'un ensemble de lettres : la vitesse du traitement visuel sur chaque élément (i.e., sur chaque lettre), la capacité de stockage de la mémoire visuelle à court terme, et la répartition de l'attention visuelle sur l'ensemble de la séquence de lettres. La vitesse du traitement visuel sur chaque lettre peut être affectée par la discriminabilité des différentes lettres ainsi que par la qualité de leur représentation en mémoire à long terme. La répartition de l'attention sur les différentes lettres peut être uniforme ou pas. La capacité de stockage de la mémoire visuelle à court terme est limitée. Dans nos études manipulant expérimentalement la possibilité de traitement visuel simultané, on peut penser que la condition de présentation SEQ empêche une répartition uniforme de l'attention visuelle sur l'ensemble des lettres du mot et la présence simultanée de toutes ces lettres en mémoire visuelle à court terme. Dans nos études de régression (Etudes 1, 2 et 11), nous avons voulu systématiquement contrôler la capacité de la mémoire visuelle. Nous avons choisi d'estimer la capacité de stockage temporaire en mémoire visuo-spatiale par une tâche rapide à effectuer (les paramètres d'estimation de l'attention visuelle selon Bundesen nécessitent une passation plus coûteuse en temps). Nous avons utilisé les épreuves de Lecerf et Roulin (2004) permettant d'estimer la capacité de la mémoire de travail visuo-spatiale. Toutefois, il est clair que cette mémoire visuo-spatiale (Lecerf & Roulin 2004) et le concept de mémoire visuelle à court terme de la théorie de l'attention visuelle (Bundesen, 1990, 1998) ne sont pas identiques. En effet, dans les tâches de mémoire visuo-spatiale, le rappel des items inclut une composante spatiale

(i.e., le participant doit dire dans quelle case est apparue la flèche, ou quelle case est indiquée par la flèche). Dans la théorie de Bundesen, la capacité de stockage est mesurée par une quantité maximum de lettres rappelées, sans tenir compte de la configuration spatiale. Dans les Etudes 1, 2 et 11, nous avons voulu vérifier que les connaissances orthographiques lexicales pouvaient être prédites par l'EVA après avoir contrôlé le facteur de la mémoire de travail visuo-spatiale. Les résultats de ce contrôle montrent bien l'existence d'un lien entre l'EVA et connaissances orthographiques, indépendamment de la mémoire visuo-spatiale.

Dans nos différentes études, la mise en évidence d'une relation entre l'EVA et les connaissances orthographiques lexicales apparaît clairement lorsque ces connaissances orthographiques sont testées par des exercices de production écrite (Etude 2 : score lexical à la dictée du Corbeau ; Etude 11 : score en dictée des items après auto-apprentissage). Par contre, lorsque les connaissances lexicales orthographiques sont évaluées par des épreuves de reconnaissance orthographique (Etude 1 : décision lexicale orthographique) le lien avec l'EVA n'est pas significatif. En effet, dans l'Etude 1, on s'attendait à ce que l'EVA prédise la capacité à reconnaître les mots longs, or ce n'est pas le cas. Les résultats indiquent, a contrario, qu'il prédit seulement la vitesse de reconnaissance des mots courts. L'ensemble de ces résultats suggère que les épreuves de reconnaissance orthographique et les épreuves de production orthographique ne mesurent pas exactement la même chose, ou en tout cas pas avec le même degré de précision. En effet, on sait que la reconnaissance orthographique est avant tout un acte de lecture, qui peut être effectué sur la base d'indices partiels (Gombert et al., 1997). Au contraire, la production orthographique demande une connaissance précise et complète de toutes les lettres du mot et de leurs positions respectives. C'est pourquoi il faut être soucieux du choix de la tâche lorsqu'on veut mesurer des connaissances orthographiques. La plupart des auteurs (e.g., Bowey et Muller, 2005 ; Cunningham, 2002, 2006 ; Nation et al. 2007 ; Share, 1999, 2004, 2008) optent pour l'utilisation de ces deux tâches successivement. Nous avons fait de même, même si cela implique forcément une influence de la première épreuve post-test sur la seconde.

## **PERSPECTIVES**

Par l'ensemble de ce travail de recherches nous avons pu mettre en évidence l'implication du traitement visuel simultané dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale. Pour le faire,



nous avons pris le parti d'empêcher la prise d'informations simultanée par une présentation syllabique des items. Cet artifice a toutefois posé des problèmes méthodologiques, que nous avons tentés de surmonter par un contrôle de plus en plus sévère des temps de présentation et des performances en lecture. D'autres solutions pour gêner la prise d'informations simultanée ont déjà été proposées dans la littérature, par exemple la présentation en casse mixte (Martens & De Jong, 2006), et ont suggéré un impact de la prise d'information simultanée sur la mémorisation de l'orthographe. Cependant, les items utilisés dans cette étude étaient simples et dans une langue transparente. De plus, il n'est pas sûr qu'une présentation en casse mixte empêche totalement la prise d'informations simultanée chez les bons lecteurs, puisque les différentes lettres des items apparaissent toujours toutes ensembles. On peut donc supposer que, même si dans un premier temps le traitement de l'item est séquentiel, le traitement visuel simultané de l'item en casse mixte puisse s'accomplir dans un second temps. Par contre, la présentation en casse mixte a l'avantage de faire disparaître les problèmes de temps de présentation que nous avons rencontrés dans nos études expérimentales. Il pourrait donc être intéressant de tester l'impact d'une présentation des items en casse mixte dans une situation d'auto-apprentissage, pour voir si ce type de présentation gêne l'acquisition de l'orthographe lexicale autant que la condition de présentation séquentielle utilisée dans nos études. On peut faire l'hypothèse que la présentation de l'item en casse mixte gênera l'acquisition de l'orthographe lexicale, uniquement si la présentation de l'item est suffisamment brève pour empêcher le traitement simultané.

Dans l'Etude 8 chez l'adulte, nous avons montré que même sans saccade oculaire entre la première et la seconde syllabe, le traitement obligatoirement séquentiel du mot gênait la mémorisation de l'orthographe. Cette étude a été menée auprès d'une population adulte avec des temps de présentation très courts, pour contrôler au maximum les déplacements oculaires. Or, les caractéristiques des mouvements oculaires diffèrent entre les populations (Kwon et al., 2007). Les enfants dyslexiques font plus de fixations, avec des temps plus longs et des saccades plus courtes que les normo lecteurs (Prado et al., 2007). Les saccades sont également plus courtes chez les enfants normo-lecteurs comparé à celles des adultes (Kowler & Martins, 1985). Il se peut alors que dans notre condition séquentielle, nous obligeons l'enfant à produire une saccade trop grande. De ce fait, ce ne serait pas le

traitement visuel SEQ qui aurait défavorisé l'apprentissage de l'orthographe lexicale, mais le fait de devoir effectuer une saccade oculaire inadaptée. On pourrait alors, envisager de reconduire un paradigme expérimental identique à celui de l'Etude 10, avec dans la condition séquentielle une présentation des pseudo-mots ne nécessitant pas de saccade oculaire. Bien que cette condition s'éloignerait des conditions écologiques de lecture (le déplacement oculaire est une composante normale de la lecture de textes), elle permettrait de vérifier les résultats obtenus chez l'adulte et de confirmer que l'apprentissage de l'orthographe lexicale est bien dépendant d'un traitement visuel simultané.

Le traitement visuel simultané ne nécessite pas de saccade oculaire. Conformément au fonctionnement du modèle MTM (Ans, Carbonnel & Valdois, 1998), lorsque nous lisons un mot pour la première fois, on suppose que le traitement visuel n'est pas simultané, mais séquentiel. Cette première présentation nécessite une lecture analytique pour décoder le mot. Les résultats des analyses préliminaires de l'Etude 10 montrent que lors de la première lecture les erreurs de décodage sont plus fréquentes et les temps de lecture plus longs. Nous ne savons pas à partir de quelle occurrence du pseudo-mot un traitement séquentiel devient simultané. Des études d'oculométrie pendant la lecture écologique de textes, permettrait de voir à partir de quelle occurrence de l'item le traitement visuel simultané est effectué. On suppose que lors de la première occurrence, la lecture est analytique. Les résultats des analyses préliminaires de l'Etude 10 montrent que les enfants de 5<sup>e</sup> année primaire font plus d'erreurs et lisent moins rapidement les pseudo-mots lors de la première occurrence. Cependant on ne sait pas si cette différence entre la première occurrence de l'item et les suivantes est due à une prise d'informations simultanée lors de la seconde occurrence ou à une familiarité à la tâche. Si le traitement visuel est simultané lors de la deuxième occurrence, alors les résultats des études d'oculométrie révéleraient une seule fixation par item dès la seconde lecture de l'item.

Si le traitement visuel simultané de l'ensemble des lettres du mot a son importance pour la mémorisation de l'orthographe lexicale, il n'explique pas l'ensemble de la variabilité observée en matière d'acquisition orthographique. Il reste encore sans doute de nombreux autres facteurs totalement ignorés aujourd'hui. En effet, nos connaissances sur les mécanismes d'acquisition des connaissances orthographiques lexicales sont très partielles et

beaucoup de questions n'ont pas été complètement traitées. C'est le cas du délai. Par l'interprétation de nos résultats nous avons supposé que la perte de l'information était plus importante entre 0 et 1 jour, et restait stable ensuite. Cependant, dans d'autres langues, la perte de l'information est montrée avec des délais différents. On note de moins bonnes performances en reconnaissance orthographique à partir d'un délai de 1 jour en anglais (Nation et al., 2007), alors qu'en hébreu, les performances sont identiques entre 3, 7 ou 30 jours de délai (Share, 2004). Il serait intéressant de tester cette hypothèse en comparant directement, dans une même étude, l'apprentissage de l'orthographe lexicale avec des délais de 0, 1 et 7 jours par exemple.

Nous n'avons pas non plus comparé directement à partir de combien d'occurrences du pseudo-mot l'apprentissage de l'orthographe est efficient. Les faibles scores observés en dictée laissent penser que 4 ou 5 occurrences, si elles sont suffisantes pour une reconnaissance de l'item, sont insuffisantes pour que l'acquisition de la connaissance orthographique soit importante. Dans la littérature, un apprentissage est observé à partir d'une occurrence en hébreu (Share, 1999) alors que dans une langue plus opaque comme l'anglais, les performances augmentent encore entre 4 et 8 présentations de l'item (Bowey & Muller, 2005). On pourrait tester à partir de combien d'occurrences l'apprentissage est suffisamment consolidé pour que les résultats en dictée soient probants. Cette étude peut s'envisager sur une année scolaire avec une exposition aux pseudo-mots régulière et rigoureusement contrôlée. L'apprentissage serait également contrôlé régulièrement. Ce protocole peut être conduit dans chacune des classes de l'école primaire afin d'observer les différences de capacités d'apprentissage entre les niveaux scolaires.

Enfin, les connaissances orthographiques lexicales ne sont pas seulement acquises par le biais de la lecture. A l'école, à la maison, les enfants passent aussi beaucoup de temps à écrire des mots pour en mémoriser l'orthographe. Shahar-Yames et Share (2008) ont montré dans une étude sur l'auto-apprentissage que la mémorisation de l'orthographe est plus efficiente si le mot a été écrit que s'il a été seulement lu. Ils donnent 8 pseudo-mots à apprendre en 2 sessions à des enfants de troisième année primaire. Cet apprentissage est fait selon deux conditions ; soit 2 lectures de 2 phrases contenant chacune l'item (condition lecture), soit 1 lecture de 2 phrases contenant chacune l'item suivie de 2 productions orthographiques du pseudo-mot entendu (condition lecture + écriture). L'apprentissage est

mesuré par une tâche de reconnaissance parmi 3 distracteurs et par une dictée du mot. Pour les auteurs, les 2 conditions expérimentales ne diffèrent que par la tâche d'écriture lors de l'apprentissage. Or, cette tâche d'écriture implique un travail de recherche en mémoire de l'orthographe du mot lu qui n'est pas demandé dans la condition de lecture seule. De ce fait, la meilleure mémorisation de l'item en condition lecture+écriture a pu être favorisée par le travail de recherche en mémoire plutôt que par le travail de tracé manuel. Pour pallier à ce biais méthodologique, on pourrait proposer, dans la condition de lecture, d'épeler l'orthographe du mot. Ainsi, les deux conditions seront identiques sur cette question de recherche de l'orthographe du mot en mémoire, et elles se distingueront uniquement par la présence ou pas d'écriture manuelle du mot. On saura donc si le fait de tracer manuellement le mot a une importance dans l'apprentissage de l'orthographe lexicale.

Ces questions ouvrent de nombreuses perspectives de recherche, indispensables pour mieux comprendre les difficultés d'acquisition de l'orthographe lexicale qui perturbent et parfois handicapent fortement la scolarité de certains enfants. Notre travail de recherches, s'il soulève beaucoup de questions, permet également d'envisager quelques pistes d'exploitation du traitement visuel simultané dans la pratique.

Sur un plan pédagogique, on peut se demander comment entraîner ce traitement visuel simultané. En effet, il est probable que même avec des capacités normales de traitement visuel simultané (i.e., sans trouble de l'empan visuo-attentionnel), certains enfants n'effectuent pas spontanément ce type de traitement après une lecture-décodage. Une piste de recherche possible est le développement de la fluence de lecture. La fluence est définie comme la capacité à lire un texte rapidement, sans effort, en ne portant aucune attention au décodage. Elle naît du développement en mémoire d'une représentation phonologique, orthographique, sémantique et syntaxique et d'un bon niveau de connexion entre les informations visuelles et linguistiques (De Cara & Plaza, 2010). Des études menées sur l'entraînement à la fluence révèlent un effet positif de cet entraînement sur la lecture. Les sujets décodent, comprennent (Breznitz, 1997) et reconnaissent mieux les mots (DeCara & Plaza, 2010) après l'entraînement. On peut penser que lire rapidement un texte oblige à prélever le plus d'informations possibles en une seule fixation et de ce fait favoriser un traitement visuel simultané. Dans ce cas, on peut s'attendre à ce qu'un entraînement à la fluence ait aussi un impact positif sur la mémorisation de l'orthographe lexicale.

Chez le débutant, la lecture est analytique et la prise d'information rendue parcellaire. Lorsqu'un enfant décode laborieusement un mot, il est probable qu'il ne reviendra pas de lui-même sur ce mot pour le regarder à nouveau « globalement ». De lui-même, l'enfant passera au mot suivant. Si cette prise d'information globale s'avère importante pour la mémorisation de l'orthographe, on peut alors essayer de trouver des situations qui l'obligent à revenir sur le mot décodé pour favoriser cette prise d'information globale. On peut aussi lui demander qu'il le relise jusqu'à ce la lecture soit fluente.

Un autre point pourrait être abordé pour le traitement visuel simultané. En effet, dans une perspective pédagogique, il serait intéressant de savoir si ce traitement simultané peut être amorcé. On peut envisager de conduire une étude avec une condition expérimentale favorisant l'amorce sur le mot entier, versus une condition avec une amorce réduite. L'amorce « mot entier » est conçue par la présentation très brève d'un cadre de la même longueur que le mot cible qui suit. L'amorce « réduite » est conçue avec autant de cadres que de lettres. On s'attend à ce que l'amorce « mot entier » soit une condition plus favorable à la mémorisation de la forme orthographique. Si les résultats confirment cette hypothèse, on pourrait envisager la création d'un logiciel d'acquisition de connaissances orthographiques lexicales, favorisant le traitement visuel simultané par un amorçage adapté.

Sur un plan clinique, on peut envisager l'élaboration d'un test permettant d'évaluer les capacités d'acquisition des connaissances orthographiques lexicales dans une situation d'auto-apprentissage. En effet, toutes les épreuves existantes (e.g., dictées de mots existants, choix orthographique) mesurent des connaissances orthographiques déjà acquises, et non pas une capacité d'apprentissage. On pourrait envisager cette capacité d'apprentissage en terme « d'empan de mots appris ». On présente un nombre croissant d'items à apprendre, et on mesure l'apprentissage par une tâche de dictée. Par un étalonnage en fonction du niveau scolaire, on pourrait situer un enfant par rapport à une norme, non plus en fonction de ce qu'il a déjà appris, mais en fonction de ce qu'il est capable d'apprendre. Ce test pourrait servir à l'élaboration des protocoles expérimentaux mais aussi à nourrir la réflexion sur la pédagogie de l'orthographe. Par exemple, il pourrait indiquer à l'enseignant combien d'items présentés ensemble un enfant peut apprendre, en fonction de son niveau scolaire, de son niveau de lecture, du nombre de lectures de l'item. Il pourrait aussi permettre de repérer précocement les enfants ayant des difficultés sévères dans l'acquisition de l'orthographe lexicale.

## CONCLUSION

En résumé, l'ensemble des études présentées a exploré le rôle du traitement visuel simultané sur l'acquisition des connaissances lexicales orthographiques spécifiques. Des études expérimentales ont mené cette exploration en manipulant la possibilité de traitement visuel simultané lors de situations d'auto-apprentissage implicite de l'orthographe lexicale de mots nouveaux, chez l'enfant (Etudes 3, 4, 5, 6, 10) et chez l'adulte (études 7, 8 et 9). Des analyses de régression ont étudié le lien corrélationnel entre l'empan visuo-attentionnel, estimant les capacités maximales de traitement visuel simultané, et les connaissances orthographiques lexicales acquises par l'expérience (Etudes 1 et 2) ou acquises spécifiquement en situation d'auto-apprentissage (Etude 11). La contribution nouvelle et essentielle de cet ensemble d'études est de démontrer que le traitement visuel simultané de l'ensemble des lettres du mot est impliqué dans la mémorisation de l'orthographe spécifique. Chez l'enfant, la connaissance de l'orthographe lexicale après lecture de mots nouveaux, est moins bonne si cette lecture s'est faite sans possibilité de traiter simultanément l'ensemble des lettres, comparativement à une situation de lecture où ce traitement simultané est possible. Cet effet a été mis en évidence chez l'enfant à partir de la deuxième année d'apprentissage de la lecture, avec des délais entre apprentissage et test de l'orthographe allant de 0 à 7 jours. Il ne semble pas lié à un décodage moins efficient ou moins rapide, ni à une présentation des items plus rapide, ni à une différence au niveau des déplacements oculomoteurs entre les deux conditions. Cet effet a été observé aussi chez l'adulte en situation d'auto-apprentissage. Enfin, l'empan visuo-attentionnel, qui estime les capacités maximales de traitement visuel simultané, semble bien lié à l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales, uniquement dans des conditions normales (sans gêne du traitement visuel simultané), indépendamment des capacités de mémoire de travail visuo-spatiale.

L'ensemble de ces résultats confirme que, au-delà des capacités de lecture-décodage et des capacités de traitement phonologique, les capacités de traitement visuel simultané sont directement impliquées dans l'acquisition des connaissances lexicales orthographiques.

# **BIBLIOGRAPHIE**





- Abott, R. D., Berninger, V. W., & Fayol, M. (2010). Longitudinal Relationships of Levels of Language in Writing and Between Writing and Reading in Grades 1 to 7. *Journal of Educational Psychology*, 102(2), 281-298. doi:210.1037/a0019318.
- Adelman, J. S., Marquis, S. J., & Sabatos-DeVito, M. G. (2010). Letters in Words Are Read Simultaneously, Not in Left-to-Right Sequence. *Psychological Science*, 21(12), 1799-1801. doi:1710.1177/095679760387442.
- Andrews, S., & Bond, R. (2009). Lexical expertise and reading skill: bottom-up and top-down processing of lexical ambiguity. *Reading and Writing*, 22(6), 687-711. doi:610.1007/s11145-11008-19137-11147.
- Ans, B., Carbonnel, S., & Valdois, S. (1998). A connectionist multi-trace memory model of polysyllabic word reading. *Psychological Review*, 105, 678-723.
- Archer, N., & Bryant, P. (2001). Investigating the role of context in learning to read : a direct test of Goodman's model. *British Journal of Developmental Psychology*, 92(579-591).
- Averbach, E., & Sperling, G. (1968). Short term storage of information in vision. In R. N. Haber (Ed.), *Contemporary theory and research in visual perception* (pp. 196-211). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Babin, J.-P. (1998). *Lexique mental et morphologie lexicale* (Peter Lang ed.). Bern, Berlin, Frankfurt/M., New York, Paris, Wien.
- Baddeley, A. (2012). Working Memory: Theories, Models, and COnTroversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1-29. doi:10.1146/annurev-psych-120710-100422.
- Baddeley, A., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. H. Bowers (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 8). London: Academic Press.
- Baker, C. I., Liu, J., Wald, L. L., Kwong, K., Benner, T., & Kanwisher, N. (2007). Visual word processing and experiential origins of functional selectivity in human extrastriate cortex. *PNAS*, 104(21), 9087-9092. doi:9010.1073/pnas.0703300104.
- Balota, D. A., Cortese, M. J., Sergent-Marshall, S. D., Spieler, D. H., & Yap, M. J. (2004). Visual word recognition of single-syllable words. *Journal of Experimental Psychology : General*(2), 283-316. doi:210.1037/0096-3445.1133.1032.1283.
- Beeson, P. M., & Rapcsak, S. Z. (2003). Neuropsychological assessment and treatment of writing disorders. In Halligan, Kischka & J. Marshall (Eds.), *Handbook of clinical Neuropsychology* (pp. 281-301). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Beeson, P. M., Rising, K., & Volk, J. (2003). Writing treatment for severe aphasia. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 46, 1038-1060.
- Besner, D., Smith, M. C., & McLeod, C. M. (1990). Visual word recognition: A dissociation of lexicle and semantic processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 16(5), 862-869.
- Binder, J. R., & Mohr, J. P. (1992). The topography of callosal reading pathways. A case-control analysis. *Brain*, 115, 1807-1826.
- Bolger, D. J., Schneider, W., & Perfetti, C. A. (2005). Cross-cultural effect on the Brain Revisited: Universal structures plus writing system variation. *Human Brain Mapping*, 25(1), 92-104.
- Bonin, P. (2005). Comment accède-t-on à un mot en production verbale écrite ? *Psychologie Française*, 50(3), 323-338. doi :310.1016/j.psfr.2005.1005.1003.
- Bonin, P., Collay, S., & Fayol, M. (2008). La consistance orthographique en production verbale écrite : une brève synthèse. *L'année psychologique*, 108, 517-546.
- Borchardt, G., Fayol, M., & Pacton, S. (2012). L'influence de la sensibilité graphotactiques sur l'apprentissage de l'orthographe de nouveaux mots. *ANAE*, 116.

- Bosse, M.-L., Tainturier, M.-J., & Valdois, S. (2007). Developmental dyslexia : the Visual Attention Span hypothesis. *Cognition*, 104, 198-230. doi.org/110.1016/j.cognition.2006.1005.1009.
- Bosse, M.-L., & Valdois, S. (2008). *Orthographic acquisition depends on early visual attention span : a longitudinal study*. Harrogate (UK), 27-29th March.
- Bosse, M.-L., & Valdois, S. (2009). Influence of the visual attention span on child reading performance: a cross-sectional study. *Journal of Research in Reading*, 32, 230-253. doi: 210.1111/j.1467-9817.2008.01387.x.
- Bosse, M.-L., Valdois, S., & Dompnier, B. (2009). Acquisition du langage écrit et empan visuo-attentionnel: une étude longitudinale. In N. Marec-Breton, A.-S. Besse, F. de la Haye, N. Bonneton-Botté & E. Bonjour (Eds.), *L'apprentissage de la langue écrite: approche cognitive*. Rennes, Presses Universitaires.
- Bosse, M.-L., Valdois, S., & Tainturier, M.-J. (2003). Analogy without priming in early spelling development. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 16, 693-716.
- Bouvier-Chaverot, M., Peiffer, E., N'Guyen-Morel, M. A., & Valdois, S. (2012). A case study of developmental dyslexia with a selective visual attention span disorder. *Revue de Neuropsychologie*, 4(1), 24-35.
- Bowey, J. A., & Miller, R. (2007). Correlates of orthographic learning in third-grade children's silent. *Journal of Research in Reading*, 30(2), 115-128. doi: 110.1111/j.1467-2007.00335.x.
- Bowey, J. A., & Muller, D. (2005). Phonological recoding and rapid orthographic learning in third-graders' silent reading: a critical test of the self-teaching hypothesis. *Journal of experimental child psychology*, 92, 203-219.
- Breznitz, Z. (1997). Enhancing the reading of dyslexics by reading acceleration and auditory masking. *Journal of Educational Psychology*, 89, 103-113.
- Bryant, N. R., & Bradley, L. (1980). Why children sometimes write words which they do not read. In U. Frith (Ed.), *Cognitive processes in spelling* (Vol. 355-370). London: Academic Press.
- Bundesen, C. (1990). A theory of visual attention. *Psychological Review*, 97, 523-547.
- Bundesen, C. (1998). A computational theory of visual attention. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 353, 1271-1281.
- Campbell, R. (1987). One or two lexicons for reading and writing words: Can misspellings shed any light? *Cognitive Neuropsychology*, 4, 487-499.
- Caramazza, A. (1988). Some aspects of language processing revealed through the analysis of acquired dysgraphia: The lexical system. *Annual Review of Neuroscience*, 11, 395-421.
- Caramazza, A., & Miceli, G. (1990). The structure of graphemic representations. *Cognition*, 37(3), 243-297.
- Carreiras, M., Mechelli, A., & Price, C. (2006). Effect of word and syllable frequency on activation during lexical decision and reading aloud. *Human Brain Mapping*, 27(12), 963-972.
- Cassar, M., & Treiman, R. (1997). The beginnings of orthographic knowledge: Children's knowledge of double letters in words. *Journal of Educational Psychology*, 89, 631-644.
- Castles, A., & Coltheart, M. (1996). Cognitive correlates of developmental surface dyslexia: A single case study. *Cognitive Neuropsychology*, 13, 25-50.
- Castles, A., & Coltheart, M. (2004). Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read? *Cognition*, 91, 77-111.

- Castles, A., & Nation, K. (2006). How does orthographic learning happen? In S. Andrews (Ed.), *From inkmarks to ideas: Challenges and controversies about word recognition and reading*. London: Psychology Press.
- Castles, A., & Nation, K. (2008). Learning to be a good orthographic reader. *Journal of Research in Reading*, 31, 1-7. doi:10.1111/j.1467-9817-2007.00367.x.
- Catach, N. (1986). *L'orthographe française, traité théorique et pratique* (Nathan ed.). Paris.
- Chevrié-Muller, C., Maillart, C., Simon, A.-M., & Fournier, S. (1997). L2MA Batterie pour l'examen psycholinguistique de l'enfant. *ECPA*.
- Cohen, L., & Dehaene, S. (2004). Specialization within the ventral stream: the case for the visual word form area. *Neuroimage*, 22, 466-476.
- Cohen, L., Dehaene, S., Naccache, L., Lehéricy, S., Dehaene-Lambertz, G., Hénaff, M.-A., et al. (2000). The visual word form area : spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain*, 123, 291-307.
- Cohen, L., Martinaud, O., Lemer, C., Lehéricy, S., Samson, Y., Obadia, M., et al. (2003). Visual word recognition in the left and right hemisphere : Anatomical and functional correlates of peripheral alexias. *Cerebral Cortex*, 13, 1313-1333. doi:10.1093/cercor/bhgo1379.
- Cohen, M. (1958). *La grande invention de l'écriture et son évolution*. Paris: Imprimerie nationale et Librairie Klincksieck.
- Coltheart, M. (1978). Lexical access in simple reading tasks. In G. Underwood (Ed.), *Strategies of information processing* (pp. 151-216). London: Academic Press.
- Coltheart, M. (2004). Brain imaging, connectionism, and cognitive neuropsychology. *Cognitive neuropsychology*, 21(1), 21-25.
- Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P., & Haller, M. (1993). Models of reading aloud: Dual-route and parallel-distributed processing approaches. *Psychological Review*, 100, 589-608.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108, 204-256.
- Connors, F. A., Loveall, S. J., Moore, M. S., Hume, L. E., & Maddox, C. D. (2011). An individual differences analysis of the self-teaching hypothesis. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108, 402-410. doi:10.1016/j.jecp.2010.1009.1009.
- Conrad, N. J. (2008). From Reading to Spelling and Spelling to Reading : Transfer Goes Both Ways. *Journal of Educational Psychology*, 100(4), 869-878. doi:10.1037/a0012544.
- Corsi, P. M. (1972). Human memory and the medial temporal region of brain. *Dissertation Abstracts International*, 34(02), 819B.
- Cunningham, A. E. (2006). Accounting for children's orthographic learning while reading text: Do children self-teach? *Journal of Experimental Child Psychology*, 95, 56-77. doi:10.1016/j.jecp.2006.1003.1008.
- Cunningham, A. E., Perry, K. E., & Stanovich, K. E. (2001). Converging evidence for the concept of orthographic processing. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 14, 549-568.
- Cunningham, A. E., Perry, K. E., Stanovich, K. E., & Share, D. (2002). Orthographic learning during reading: Examining the role of the self-teaching. *Journal of Experimental Child Psychology*, 82, 185-199.
- De Cara, B., & Plaza, M. (2010). Les outils informatisés d'aide à la lecture : un bilan des recherches. *ANAE*, 107-108, 184-190.

- de Jong, P. F., Bitter, D. J. L., Van Setten, M., & Marinus, E. (2009). Does phonological recoding occur during silent reading, and is it necessary for orthographic learning ? *Journal of Experimental Child Psychology*, 104, 267-282.
- de Jong, P. F., & Share, D. L. (2007). Orthographic learning during oral and silent reading. *Scientific Studies of Reading*, 11(1), 55-71. doi.org/10.1207/s1532799xssr1531101.
- Deacon, S. H., Benere, J., & Castles, A. (2012). Chicken or egg ? Untangling the relationship between orthographic processing and reading. *Cognition*, 122(110-117).
- Dehaene, S., Cohen, L., Sigman, M., & Vinckier, F. (2005). The neural code for written words: a proposal. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 335-341. doi:10.1016/j.tics.2005.1005.1004.
- Dehaene, S., Jobert, A., Naccache, L., Ciuciu, P., Poline, J. B., LE BIHAN, D., et al. (2004). Letter binding and invariant recognition of masked words : behavioral and neuroimaging evidence. *Psychol Sci*, 15(5), 307-313.
- Dehaene, S., Le Clec'H, G., Poline, J. B., Le Bihan, D., & Cohen, L. (2002). The visual word form area: a prelexical representation of visual words in the fusiform gyrus. *Neuro Report*, 13(3), 321-325.
- Dehaene, S., Pegado, F., Braga, L. W., Ventura, P., Nunes Filho, G., Jobert, A., et al. (2010). How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *Science*, 330.6009, 1359-1364.
- Déjerine, J. (1892). Contribution à l'étude anatomo-pathologique et clinique des différentes variétés de cécité verbale. *Mémoires de la Société de Biologie*, 4, 61-90.
- Delahaie, M., Sprenger-Charolles, L., & Serniclaes, W. (2007). Effet de la lexicalité chez des faibles et très faibles lecteurs comparativement à des normolecteurs de même âge et de même niveau de lecture. *L'année psychologique*, 107(3), 361-396.
- Delattre, M., Bonin, P., & Barry, C. (2006). Written spelling to dictation: sound-to-spelling regularity affects both writing latencies and durations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32(6), 1330-1340. doi: 10.1037/0278-7393.32.6.1330.
- Dubois, M., Kyllingsbaek, S., Prado, C., Musca, S. C., Peiffer, E., Lassus-Sangosse, D., et al. (2010). Fractionating the multi-character processing deficit in developmental dyslexia: Evidence from two case studies. *Cortex*, 46(6), 717-738.
- Dubois, M., Lafaye de Micheaux, P., Noël, M. P., & Valdois, S. (2007). Pre-orthographical constraints on visual word recognition: Evidence from a case study of developmental surface dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 24, 623-660.
- Ecalte, J., & Magnan, A. (2002). *L'apprentissage de la lecture: Fonctionnement et développement cognitifs*. Paris: Armand Colin.
- Ehri, L. (1980). The development of orthographic images. In U. Frith (Ed.), *Cognitive processes in spelling* (pp. 311-338). London: Academic Press.
- Ehri, L. (1997). Learning to read and learning to spell are one and the same, almost. In C. Perfetti, L. Rieben & M. Fayol (Eds.), *Learning to spell* (pp. 237-269). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ehri, L. (1998). Grapheme-phoneme knowledge is essential for learning to read words in English. In J. L. Metsala & L. Ehri (Eds.), *Word recognition in beginning literacy*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ehri, L. (2005). Learning to read words: Theory, findings, and issues. *Scientific Studies of Reading*, 9, 167-188.
- Ehri, L., & Wilce, L. (1980). The influence of orthography on reader's conceptualization of the phonemic structure of words. *Applied Psycholinguistics*, 1, 371-385.

- Ehri, L., & Wilce, L. (1982). Recognition of spellings printed in lower and mixed case: Evidence for orthographic images. *Journal of Reading Behavior*, 14, 219-230.
- Ehri, L., & Wilce, L. (1986). The influence of spellings on speech: Are alveolar flaps /d/ or /t/? In D. Yaden & S. Templeton (Eds.), *Metalinguistic awareness and beginning literacy* (pp. 101-114). Portsmouth, NH: Heinemann.
- Ehri, L., & Wilce, L. S. (1983). Movement into reading: Is the first stage of printed word learning visual or phonetic? *Reading Research Quarterly*, 20, 163-179.
- Ellis, A. W. (1989). *Reading, writing and dyslexia*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ellis, A. W., & Young, A. (1988). *Human Cognitive Neuropsychology*. Hillsdale, N.J : Lawrence Erlbaum.
- Epelbaum, S., Pinel, P., Gaillard, R., Delmaire, C., Perrin, M., S., D., et al. (2008). Pure alexia as a disconnection syndrome: new diffusion imaging evidence for an old concept. *Cortex*, 44(8), 962-974.
- Fayol, M. (2003). Les difficultés de l'orthographe. *Cerveau et psycho*, 3, 52-55.
- Fayol, M., & Gombert, J.-E. (1999). L'apprentissage de la lecture et de l'écriture. In J. A. Rondal & E. Espéret (Eds.), *Manuel de Psychologie de l'enfant* (pp. 565-594). Bruxelles: Mardaga.
- Fayol, M., & Jaffré, J. P. (1999). L'acquisition / apprentissage de l'orthographe. *Revue Française de Pédagogie*, 126, 143-170.
- Fayol, M., & Jaffré, J. P. (2008). *Orthographier* (Presses Universitaires de France ed.). Paris.
- Fayol, M., Treiman, R., Lété, B., & Pacton, S. (2010). *Learning to spell from reading: General knowledge about spelling patterns can distort memory for specific words*. Paper presented at the 51st Annual Meeting of the Psychonomic Society.
- Fayol, M., Zorman, M., & Lété, B. (2009). Associations and dissociations in reading and spelling French. Unexpectedly poor and good spellers. *British Journal of Educational Psychology*, 00, 1-14.doi:10.1348/000709909X000421973.
- Ferrand, L. (2007). *Psychologie cognitive de la lecture* (De Boeck ed.). Bruxelles.
- Ferrand, L., Grainger, J., & New, B. (2003). Normes d'âge d'acquisition pour 400 mots monosyllabiques. *L'année psychologique*, 104, 445-468.
- Ferrand, L., & New, B. (2003). Syllabic length effects in visual word recognition and naming. *Acta Psychologica*, 113, 167-183.
- Fiez, J. A., & Petersen, S. E. (1998). Neuroimaging studies of word reading. *Proceeds of the National Academy of Science*, 95(3), 914-921.
- Fitzgerald, J., & Shanahan, T. (2000). Reading and writing relations and their development. *Educational Psychologist*, 35, 39-50.
- Forster, K. I. (1989). On knowing how many entries. In D. S. Gorfein (Ed.), *Resolving semantic ambiguity*. New York: Springer-Verlag.
- Frith, U. (1980). Unexpected spelling problems. In U. Frith (Ed.), *Cognitive processes in spelling* (pp. 495-515). London: Academic Press.
- Frith, U. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. In K. Patterson, J. Marshall & M. Coltheart (Eds.), *Surface dyslexia: Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading* (pp. 301-330). London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gentry, J. R. (1982). An analysis of developmental spelling in GNYS AT WRK. *The Reading Teacher*, 36, 192-200.
- Gilbert, C. D., & Sigman, M. (2007). Brain states: top-down influences in sensory processing. *Neuron*, 54(5), 677-696.doi:610.1016/j.neuron.2007.1005.1019.

- Glezer, L. S., Jiang, X., & Riesenhuber, M. (2009). Evidence for Highly Selective Neuronal Tuning to Whole Words in the "Visual Word Form Area". *Neuron*, 62(2), 199-204. doi:10.1016/j.neuron.2009.1003.1017.
- Gombert, J.-E., Bryant, P., & Warrick, N. (1997). Children's use of analogy in learning to read and spell. In C. A. Perfetti, Rieben, L. and Fayol, M. (Ed.), *Learning to spell: Research, theory and practice across languages* (pp. 221-235). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Goswami, U. (1988). Children's use of analogy in learning to spell. *British Journal of Developmental Psychology*, 6, 21-33.
- Goswami, U., & Bryant, P. (1990). *Phonological skills and learning to read*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- Grainger, J., Bouttevin, S., Truc, C., Bastien, M., & Ziegler, J. (2003). Word superiority, pseudoword superiority, and learning to read: A comparison of dyslexic and normal readers. *Brain and Language*, 87(3), 432-440.
- Grainger, J., & Holcomb, P. J. (2007). Contraintes neurales pour une architecture fonctionnelle de la reconnaissance des mots. *L'année psychologique*, 107, 623-658.
- Grainger, J., & Jacobs, A. M. (1996). Orthographic processing in visual word recognition: A multiple read-out model. *Psychological review*, 103, 518-565.
- Grainger, J., Spinelli, E., & Ferrand, L. (2000). Effects of baseword frequency and orthographic neighborhood size in pseudohomophone naming. *Journal of Memory and Language*, 42(1), 88-102.
- Grainger, J., & Van Heuven's, W. J. B. (2003). Modeling letter position coding in printed word perception. In P. Bonin (Ed.), *The mental lexicon*. New York: Nova Science.
- Grainger, J., & Withney, C. (2004). Does the human mind read words as a whole? *Trends Cogn Sci*, 8(2), 58-59.
- Grainger, J., & Ziegler, J. (2011). A dual-route approach to orthographic processing. *Frontiers in Psychology*, 2(54), doi:10.3389/fpsyg.2011.00054.
- Griffiths, P. L. (1991). Phonemic awareness helps first graders invent spellings and third graders remember correct spellings. *Journal of Reading Behavior*, 23, 215-233.
- Harm, M. W., & Seidenberg, M. S. (1999). Phonology, reading acquisition, and dyslexia: Insights from connectionist models. *Psychological Review*, 106, 491-528.
- Harm, M. W., & Seidenberg, M. S. (2004). Computing the Meanings of Words in Reading: Cooperative Division of Labor Between Visual and Phonological Processes. *Psychological review*, 111, 662-720.
- Henry, C., Gaillard, R., Volle, E., Chiras, J., Ferrieux, S., Dehaene, S., et al. (2005). Brain activations during letter-by-letter reading: A follow-up study. *Neuropsychologia*, 43, 1983-1989.
- Hillis, A., & Caramazza, A. (1991). Mechanisms for accessing lexical representations for output: Evidence from a category-specific semantic deficit. *Brain and Language*, 40, 106-144.
- Howell, D. C. (2007). *Méthodes statistiques en sciences humaines*. Paris.
- Jaffré, J.-P. (1992). Didactiques de l'orthographe. In (Pédagogies pour demain. Didactiques ed.): Hachette Education.
- Jaffré, J.-P. (1997). *Orthographes des systèmes aux usages* (Flammarion ed.). Paris.
- Jobard, G., Crivello, F., & Tzourio-Mazoyer, N. (2003). Evaluation of the dual route theory of reading: a metanalysis of 35 neuroimaging studies. *Neuroimage*, 20, 693-712.
- Jorm, A. F., & Share, D. (1983). Phonological recoding and reading acquisition. *Applied Psycholinguistics*, 4, 103-147.

- Juel, C. (1988). Learning to read and write: A longitudinal study of 54 children from first through fourth grade. *Journal of Educational Psychology*, 80, 437-447.
- Juel, C., Griffiths, P. L., & Gough, P. (1986). Acquisition of literacy: A longitudinal study of children in first and second grade. *Journal of Educational Psychology*, 78, 243-255.
- Kao, C. H., Chen, D.-Y., & Chen, C.-C. (2010). The inversion effect in visual word form processing. *Cortex*, 46(2), 217-230. doi:210.1016/j.cortex.2009.1004.1003.
- Kowler, E., & Martins, A. J. (2010). Eye movements of preschool children. *Science*, 215, 997-999.
- Kreiner, D. S., & Gough, P. (1990). Two ideas about spelling: Rules and word-specific memory. *Journal of Memory and Language*, 29, 103-118.
- Kremin, H., Perrier, D., De Wilde, M., & Arabia, C. (2007). N-15 L'âge d'acquisition des mots - variable cruciale pour étudier la dénomination. *Revue Neurologique*, 163(4), 62. doi:10.1016/S0035-3787(1007)90600-90601.
- Kronbichler, M., Klackl, J., Richlan, F., Schurz, M., Staffen, W., Ladurner, G., et al. (2009). On the functional neuroanatomy of visual word processing: Effects of case and letter deviance. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(2), 1-8. doi:10.1162/jocn.2009.21002.
- Kwon, M., Legge, G. E., & Dubbels, B. R. (2007). Developmental changes in the visual span for reading. *Vision research*, 47, 2889-2900. doi:2810.1016/j.isres.2007.2808.2002.
- Kwong, T. E., & Varnhagen, C. K. (2005). Strategy Development and Learning to Spell New Words : Generalization of a Process. *Developmental Psychology*, 41(1), 148-159. doi:110.1037/0012-1649.1041.1031.1148.
- Kyte, C. S., & Johnson, C. J. (2006). The role of phonological recoding in orthographic learning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2006, 166-185.
- Lallier, M., Donnadieu, S., & Valdois, S. (2010). Visual attentional blink in dyslexic children: Parameterizing the deficit. *Vision Res*, 50(18), 1855-1861. doi: 1810.1016/j.visres.2010.1806.1006.
- Landi, N., Perfetti, C. A., Bolger, D. J., Dunlap, S., & Foorman, B. R. (2006). The role of discourse context in developing word representations : a paradoxical relation between reading and learning. *Journal of experimental child psychology*, 94(114-133).
- Largy, P., Fayol, M., & Lemaire, P. (1996). The homophone effect in written French : the case of verb-noun inflection errors. *Language and Cognitive Processes*, 11, 217-255.
- Lassus-Sangosse, D., N'Guyen-Morel, M. A., & Valdois, S. (2008). Sequential or simultaneous visual processing deficit in developmental dyslexia. *Vision Research*, 979-988.
- Launay, L., & Valdois, S. (2004). Evaluation et prise en charge cognitive de l'enfant dyslexique et/ou dysorthographique de surface. In S. Valdois, C. P. & D. David (Eds.), *Apprentissage de la lecture et dyslexies développementales* (pp. 209-232). Marseille: Solal.
- Laxon, V. J., Coltheart, V., & Keating, C. (1988). Children find friendly words friendly too : Words with many orthographic neighbors are easier to read and spell. *British Journal of Educational Psychology*, 58, 103-119.
- Lecerf, T., Ghisletta, P., & Jouffray, C. (2004). Intraindividual Variability and Level of Performance in Four Visuo-Spatial Working Memory Tasks. *Swiss Journal of Psychology*, 63(4), 261-272. doi:210.1024/1421-0185.1063.1024.1261.
- Lecerf, T., & Roulin, J. L. (2006). Distinction between visuo-spatial short-term-memory and working memory span tasks. *Swiss Journal of Psychology*, 65(1), 37-54. doi:10.1024/1421-0185.1065.1021.1037.
- Lefavrais, P. (1965). *Test de l'Alouette*. Paris: Editions du centre de psychologie appliquée.

- Léger, L., & Tijus, C. (2007). L'effet de l'hétérogénéité sémantique dans la détection de mots. *Psychologie Française*, 52, 367-385. doi:10.1016/j.psfr.2007.1003.1002.
- Lennox, C., & Siegel, L. S. (1994). The role of phonological and orthographic processes in learning to spell. In G.D.A. Brown & N. C. Ellis (Eds.), *Handbook of Spelling: Theory, Process and Intervention* (pp. 93-109). Toronto: John Wiley & Sons.
- Lennox, C., & Siegel, L. S. (1998). Phonological and orthographic processes in good and poor spellers. In R. M. J. C. Hulme (Ed.), *Reading and spelling: development and disorders* (pp. 395-403). London: Lawrence Erlbaum.
- Lété, B., & Ducrot, S. (2007). La perception du mot écrit chez l'apprenti lecteur et l'enfant dyslexique : évaluation en fovéa et en parafovéa. In Solal (Ed.), *L'acquisition du langage et ses troubles* (pp. 125-172). Marseille.
- Lété, B., Peereman, R., & Fayol, M. (2008). Consistency and word-frequency effects on spelling among first- to fifth-grade French children: A regression-based study. *Journal of Memory and Language*, 58, 952-977. doi:10.1016/j.jml.2008.1001.1001.
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2004). MANULEX: A grade-level lexical database from French elementary-school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36, 156-166.
- Liu, C., Zhang, W.-T., Tang, Y.-Y., Mai, X.-Q., Chen, H.-C., Tardif, T., et al. (2008). The Visual Word Form Area: Evidence from an fMRI study of implicit processing of Chinese characters. *Neuroimage*, 2008, 1350-1361. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.1310.1014.
- Lobier, M., Dubois, M., & Valdois, S. (soumis). Visual processing and reading speed: developmental and mediation effects.
- Lobier, M., Zoubrinetzky, R., & Valdois, S. (sous presse). The visual attention span deficit in dyslexia is visual and not verbal. *Cortex*.
- Lorch, R. F., & Myers, J. L. (1990). Regression Analyses of Repeated Measures Data in Cognitive Research. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 16(1), 149-157.
- Lovett, M. W. (1987). A developmental approach to reading disability: Accuracy and speed criteria of normal and deficient reading skill. *Child Development*, 58(1), 234-260.
- MacKay, A., Davis, C., Savage, G., & Castles, A. (2008). Semantic involvement in reading aloud: Evidence from a nonword training study. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 34, 1495-1517.
- Martens, V. E. G., & de Jong, P. F. (2006). The effect of visual word features on the acquisition of orthographic knowledge. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93, 337-356. doi:10.1016/j.jecp.2005.1011.1003.
- Martin-Chang, S. L., Levy, B. A., & O'Neil, S. (2007). Word acquisition, retention, and transfer: findings from contextual and isolated word training. *J Exp Child Psychol*, 96(1), 37-56. doi:10.1016/j.jecp.2006.1008.1004.
- Martinet, C., Valdois, S., & Fayol, M. (2004). Lexical orthographic knowledge develops from the beginning of literacy acquisition. *Cognition*, 91, 11-22. doi:10.1016/j.cognition.2003.1009.1002.
- Matsuo, K., Kato, C., Tanaka, S., Sugio, T., Matsuzawa, M., Inui, T., et al. (2001). Visual language and handwriting movement: functional magnetic resonance imaging at 3 tesla during generation of ideographic characters. *Brain Research*, 55(4), 549-554.
- McCandliss, B. D., Cohen, L., & Dehaene, S. (2003). The visual word form area: expertise for reading in the fusiform gyrus. *Trends Cogn Sci*, 7, 155-161.



- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: Part 1. An account of basic findings. *Psychological Review*, 88, 375-407.
- Menon, V., & Desmond, J. E. (2001). Left superior parietal cortex involvement in writing: integrating fMRI with lesion evidence. *Cognitive brain research*, 12(2), 337-340.
- Miller, G. A. (1996). *The Sciences of Words*. New York, Freeman.
- Molko, N., Cohen, L., Mangin, J. F., Chochon, F., Lehericy, S., LE BIHAN, D., et al. (2002). Visualizing the Neural Bases of a Disconnection Syndrome with Diffusion Tensor Imaging. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(4), 629-636. doi: 610.1162/08989290260045864.
- Morris, R. D., & Perney, J. (1984). Developmental spelling as a predictor of first grade reading achievement. *Elementary School Journal*, 84, 441-457.
- Morrison, C. M., & Ellis, A. W. (1995). The roles of word frequency and age of acquisition in word naming and lexicle decision. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 21, 116-133.
- Morton, J. (1969). Interaction of information in word recognition. *Psychological review*, 76, 165-178.
- Morton, J. (1980). The logogen model and orthographic structure. In U. Frith (Ed.), *Cognitive processes in spelling* (pp. 117-133). London: Academic Press.
- Nakamura, K., Honda, M., Okada, T., Hanakawa, T., Toma, K., Fukuyama, J., et al. (2000). Participation of the left posterior inferior temporal cortex in writing and mental recall of kanji orthography. A functional MRI study. *Brain*, 123, 954-967.
- Nakayama, M., Sears, C. R., & Lupker, S. J. (2008). Masked Priming With Orthographic Neighbors: A Test of the Lexical Competition Assumption. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34(5), 1236-1260. doi:1210.1037/0096-1523.1234.1235.1236.
- Nation, K., Angell, P., & Castles, A. (2007). Orthographic learning via self-teaching in children learning to read English : effects of exposure, durability and context. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 71-84. doi:10.1016/j.jecp.2006.1006.1004.
- Nazir, T., Ben-Boutayab, N., Decoppet, N., Deutsch, A., & Frost, R. (2004). Reading habits, perceptual learning, and recognition of printed words. *Brain and Language*, 88(3), 294-311. doi: 210.1016/S0093-1934X(1003)00168-00168.
- New, B., Pallier, C., Ferrand, L., & Matos, R. (2001). Une base de données lexicales du français contemporain sur Internet : Lexique 3.55. *L'année psychologique*, 101, 447-462. <http://www.lexique.org>.
- Norris, D. (1994). Shortlist: A connectionist model of continuous speech recognition. *Cognition*, 52, 189-234.
- Nunes, T., Bryant, P., & Bindman, M. (1997). Learning to spell regular and irregular verbs. *Reading and Writing*, 9, 427-449.
- Omura, K., Tsukamoto, T., Ohgami, Y., & Yoshikawa, K. (2004). Neural correlates of phoneme-to-grapheme conversion. *Neuro Report*, 15, 949-953.
- Pacton, S., Borchardt, G., Treiman, R., Lété, B., & Fayol, M. (soumis). General knowledge about spelling patterns can distort memory for specific words.
- Pacton, S., Fayol, M., & Lété, B. (2008). L'intégration des connaissances lexicales et infralexicales dans l'apprentissage du lexique orthographique. *ANAE*, 96-97, 213-219.
- Pacton, S., Fayol, M., & Perruchet, P. (2002). Acquérir l'orthographe du Français : apprentissages implicite et explicite. In A. Florin & J. Morais (Eds.), *La maîtrise du langage* (pp. 95-118). Rennes, Presse Universitaire de Rennes.

- Pacton, S., Fayol, M., & Perruchet, P. (2002). The acquisition of untaught orthographic regularities in French. In C. Verhoeven, D. Erlbro & P. Reitsma (Eds.), *Precursors of Functional Literacy* (pp. 121-136). Dordrecht: Kluwer.
- Pacton, S., Fayol, M., & Perruchet, P. (2005). Children's implicit learning of Graphotactic and Morphological regularities. *Child Development*, 76, 324-339.
- Pacton, S., Perruchet, P., Fayol, M., & Cleeremans, A. (2001). Implicit learning out of the lab: The case of orthographic regularities. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 401-426.
- Peereman, R., Dufour, S., & Burt, J. S. (2009). Orthographic influences in spoken word recognition: The consistency effect in semantic and gender categorization tasks. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(2), 363-368. doi:10.3758/PBR.3716.3752.3363.
- Peereman, R., Lété, B., & Sprenger-Charolles, L. (2007). Manulex-Infra: Distributional characteristics of grapheme-phoneme mappings, infra-lexical and lexical units in child-directed written material. *Behavior Research Methods*, 39, 579-589.
- Pegado, F., Nakamura, K., Cohen, L., & Dehaene, S. (2011). Breaking the Symmetry: Mirror discrimination for single letters but not for pictures in the Visual Word Form Area. *Neuroimage*, 55, 742-749.
- Pelli, D. G., Farell, B., & Moore, D. C. (2003). The remarkable inefficiency of word recognition. *Nature*, 423, 752-756.
- Pelli, D. G., Palomares, M., & Majaj, N. J. (2004). Crowding is unlike ordinary masking: Distinguishing feature detection and integration. *Journal of Vision*, 4, 1136-1169. doi:10.1167/1134.1112.1112.
- Perfetti, C., & Hart, L. (2002). The lexical quality hypothesis. In L. Verhoeven, C. Elbro & P. Reitsma (Eds.), *Precursors of functional literacy* (pp. 189-213). Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins.
- Perfetti, C. A. (1997). The psycholinguistics of spelling and reading. In C. Perfetti, L. Rieben & M. Fayol (Eds.), *Learning to spell: Research, theory, and practice across languages*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Perfetti, C. A. (2007). Reading ability: Lexical quality to comprehension. *Reading ability: Lexical quality to comprehension*, 11(4), 357-383.
- Perry, C., Ziegler, J., & Zorzi, M. (2010). Beyond single syllables : large-scale modeling of reading aloud with the Connectionist Dual Process (CDP++) model. *Cognitive psychology*, 61(2), 106-151. doi:10.1016/j.cogpsych.2010.1004.1001.
- Perry, C., & Ziegler, J. C. (2004). Beyond the two-strategy model of skilled spelling: Effects of consistency, grain size, and orthographic redundancy. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57A(325-356).
- Perry, C., Ziegler, J. C., & Zorzi, M. (2007). Nested incremental modeling in the development of computational theories: The CDP+ model of reading aloud. *Psychological Review*, 114, 273-315. doi:10.1037/0033-1295X.114.1032.1273.
- Petersen, S., Fox, P., Posner, M., Mintun, M., & Raichle, M. (1988). Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single-word processing. *Nature*, 331, 585-589. doi:10.1038/331585a331580.
- Petersen, S. E., Fox, P. T., Snyder, A. Z., & Raichle, M. E. (1990). Activation of extrastriate and frontal cortical areas by visual words and word-like stimuli. *Science*, 249, 1041-1044. doi:10.1126/science.2396097.
- Plaut, D. C., & Booth, J. R. (2000). Individual and developmental differences in semantic priming : Empirical and computational support for a single-mechanism account of lexical processing. *Psychological review*, 107, 786-823.

- Plaut, D. C., McClelland, J. L., Seidenberg, M. S., & Patterson, K. (1996). Understanding normal and impaired word reading: Computational principles in quasi-regular domains. *Psychological Review*, 103, 56-115.
- Poldrack, R. A., Temple, E., Protopapas, A., Nagarajan, S., Tallal, P., Merzenich, M. M., et al. (2001). Relations between the neural bases of dynamic auditory processing and phonological processing: evidence from fMRI. *Journal Cognitive Neuroscience*, 13(5), 687-697.
- Prado, C., Dubois, M., & Valdois, S. (2007). The eye movements of dyslexic children during reading and visual search: Impact of the visual attention span. *Vision Research*, 47, 2521-2530.
- Price, C., & Devlin, J. (2003). The myth of the visual word form area. *Neuroimage*, 19(3), 473-481.
- Price, C., & Devlin, J. (2011). The Interactive Account of ventral occipito-temporal contributions to reading. *Trends Cogn Sci*, 15(6), 246-253.
- Pugh, K., Menckl, W. E., Jenner, A. R., Katz, L., Frost, S. J., Lee, J. R., et al. (2001). Neurobiological studies of reading and reading disability. *Journal Commun Disord*, 34(6), 479-492.
- Qiao, E., Vinckier, F., Szwed, M., Naccache, L., Valabrègue, R., Dehaene, S., et al. (2010). Unconsciously deciphering handwriting: Subliminal invariance for handwritten words in the visual word form area. *Neuroimage*, 49, 1786-1799. doi:1710.1016/j.neuroimage.2009.1709.1034.
- Rapp, B. C., Epstein, C., & Tainturier, M.-J. (2002). The integration of information across lexical and sublexical process in spelling. *Cognitive neuropsychology*, 19, 1-29. doi:10.1080/0264329014300060.
- Ratcliff, R. (1993). Methods for Dealing With Reaction Time Outliers. *Psychological Bulletin*, 114(3), 510-532.
- Raven, J. C., Court, J. H., & Raven, J. (1998). Progressive matrices standard (PM38). Paris: EAP.
- Read, C. (1971). Pre-school children's knowledge of English phonology. *Harvard Educational Review*, 41, 1-34.
- Reitsma, P. (1983). Printed word learning in beginning readers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 36(2), 321-339. doi:10.1016/0022-0965(1083)90036-X.
- Rieben, L., Ntamakiliro, L., Gonthier, B., & Fayol, M. (2005). Effects of various early writing practices on reading and spelling. *Scientific Studies of Reading*, 9(2), 145-166.
- Rocher, A. S., & Chanquoy, L. (2004). Discrimination et attention visuelles : quel impact sur la reconnaissance de lettres et de mots au cours de la lecture. *Langage et l'Homme : Logopédie, Psychologie, Audiologie*, 39(2), 45-68.
- Salverda, A. P., & Tanenhaus, M. K. (2010). Tracking the time course of orthographic information in spoken-word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(5), 1108-1117. doi:10.1037/a0019901.
- Segui, J., & Grainger, J. (1990). Priming Word Recognition With Orthographic Neighbors Effects of Relative Prime-Target Frequency. *Journal of Experimental Psychology : Human, Perception and Performance*, 16(1), 65-76.
- Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). A distributed, developmental model of word recognition. *Psychological Review*, 96, 523-568.
- Seymour, P. H. K. (1997). Foundations of orthographic development. In C. Perfetti, L. Rieben & M. Fayol (Eds.), *Learning to spell: Research, theory, and practice across languages* (pp. 319-337). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Shahar-Yames, D., & Share. (2008). Spelling as a self-teaching mechanism in orthographic learning. *Journal of research in Reading*, 31(1), 22-39. doi:10.1111/j.14679817.14672007.14600359.x.
- Shallice, T. (1988). *From Neuropsychology to Mental Structure*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Share, D. (1995). Phonological recoding and self-teaching: Sine qua non of reading acquisition. *Cognition*, 55, 151-218. doi.org/110.1016/0010-0277.
- Share, D. (1999). Phonological recoding and orthographic learning: A direct test of the self-teaching hypothesis. *Journal of Experimental Child Psychology*, 72, 95-129.
- Share, D. (2004). Knowing letter names and learning letter sounds: A causal connection. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 213-233. doi:10.1016/j.jecp.2004.1001.1001.
- Share, D. (2008). Orthographic learning, phonological recoding, and self-teaching. In *Advances in Child Development and Behavior* (Vol. 36, pp. 31-82).
- Share, D. & Shalev, C. (2004). Self-teaching in normal and disabled readers. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 17, 769-800.
- Simos, P. G., Breier, J. I., Fletcher, J. M., Foorman, B. R., Castillo, E. M., & Papanicolaou, A. C. (2002). Brain mechanisms for reading words and pseudowords: an integrated approach. *Cerebral Cortex*, 12(3), 297-305.
- Snowling, M., Goulandris, N. K., & Stackhouse, J. (1994). Phonological constraints on learning to read: Evidence from single-case studies of reading difficulty. In C. Hulme & M. J. Snowling (Eds.), *Reading development and dyslexia* (pp. 86-104). London: Whurr.
- Spearman, C. (1904). "General intelligence", objectively determined and measured. *American Journal of Psychology*, 15, 201-293.
- Spinelli, E., & Ferrand, L. (2005). *Psychologie du langage* (Armand Colin ed.). Paris.
- Sprenger-Charolles, L., & Bonnet, P. (1996). New doubts on the importance of the orthographic stage. *Current Psychology of Cognition*, 15, 173-208.
- Sprenger-Charolles, L., & Casalis, S. (1995). Reading and spelling acquisition in French first graders: Longitudinal evidence. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 7, 1-25.
- Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2003). *Lecture et dyslexie, approche cognitive*. Paris, Dunod.
- Sprenger-Charolles, L., Siegel, L. S., & Béchennec, D. (1997). Beginning reading and spelling acquisition in French: A longitudinal study. In C. Perfetti, L. Rieben & M. Fayol (Eds.), *Learning to spell: Research, theory, and practice across languages* (pp. 339-359). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sprenger-Charolles, L., Siegel, L. S., & Bonnet, P. (1998a). Phonological mediation and orthographic factors in reading and spelling. *Journal of Experimental Child Psychology*, 68, 134-155.
- Sprenger-Charolles, L., Siegel, L. S., & Bonnet, P. (1998b). Reading and spelling acquisition in French: The role of phonological mediation and orthographic factors. *Journal of Experimental Child Psychology*, 68, 134-165.
- Stage, S. A., & Wagner, R. K. (1992). Development of young children's phonological and orthographic knowledge as revealed by their spellings. *Developmental Psychology*, 28, 287-296.
- Stanovich, K. E., West, R. F., & Cunningham, A. E. (1991). Beyond phonological processes: Print exposure and orthographic processing. In S. Brady & D. Shankweiler (Eds.),

- Phonological processes in literacy* (pp. 219-235). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Starrfelt, R., Habekost, T., & Leff, A. P. (2009). Too little, too late: reduced visual span and speed characterize pure alexia. *Cerebral Cortex*, 19(12), 2880-2890.
- Stuart, M., & Coltheart, M. (1988). Does reading develop in a sequence of stages. *Cognition*, 30, 139-151.
- Treiman, R. (1993). *Beginning to spell: A study of first-grade children*. New York: Oxford University Press.
- Treiman, R. (1994). Use of consonant letter names in beginning spelling. *Developmental Psychology*, 30, 567-580.
- Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12, 242-248.
- Tygdal, I., & Grainger, J. (2009). Serial Position Effects in the Identification of Letters, Digits, and Symbols. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(2), 480-498.doi:410.1037/a0013027.
- Valdois, S. (2008). Dyslexies développementales : Théorie de l'empan visuo-attentionnel. *ANAE*, 96-97, 213-219.
- Valdois, S., Bidet-Ildes, C., Lassus-Sangosse, D., Reilhac, C., N'guyen-Morel, M., Guinet, E., et al. (2011). A visual processing but no phonological disorder in a child with mixed dyslexia. *Cortex*, 47(10), 1197-1218.
- Valdois, S., & Bosse, M.-L. (soumis). The phonological and visual attention span bases orthographic knowledge acquisition.
- Valdois, S., Bosse, M.-L., Ans, B., Carbonnel, S., Zorman, M., David, D., et al. (2003). Phonological and visual processing deficits can dissociate in developmental dyslexia: Evidence from two case studies. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 16, 541-572.
- Valdois, S., Bosse, M.-L., & Tainturier, M.-J. (2004). The cognitive deficits responsible for developmental dyslexia: Review of evidence for a selective visual attention disorder. *Dyslexia*, 10, 1-25.doi:10.1002/dys.1284.
- Valdois, S., Lassus-Sangosse, D., & Lobier, M. (sous presse). The visual nature of the attention span disorder in developmental dyslexia. In J. F. Stein & Z. Kapula (Eds.), *Visual aspects of dyslexia*. Oxford University Press.
- Valdois, S., Peyrin, C., & Baci, M. (2009). The neurobiological correlates of developmental dyslexia. In H. L. S. Fuchs, D. Pape, & a. P. Perrier (Eds.), *Some aspects of speech and the brain*: Verlag publishers, pp.141-162.
- Van Orden, G. C., Pennington, B. F., & Stone, G. O. (1990). Word identification in reading and the promise of subsymbolic psycholinguistics. *Psychological Review*, 97, 488-522.
- Véronis, J. (1988). From sound to spelling in French: Simulation on a computer. *European Bulletin of Cognitive Psychology*, 8, 315-334.
- Vidyasagar, T. R. (1999). A neuronal model of attentional spotlight: parietal guiding the temporal. *Brain Research Review*, 30, 66-76.
- Vidyasagar, T. R., & Pammer, K. (2010). Dyslexia: a deficit in visuo-spatial attention, not in phonological processing. *Trends Cogn Sci*, 14(2), 57-63. doi:10.1016/j.tics.2009.1012.1003.
- Vinckier, F., Dehaene, S., Jobert, A., Dubus, J., Sigman, M., & Cohen, L. (2007). Hierarchical coding of letter strings in the ventral stream: dissecting the inner organization of the visual word-form system. *Neuron*, 55, 143-156.

- Vinckier, F., Naccache, L., Papeix, C., Forget, J., Hahn-Barma, V., Dehaene, S., et al. (2006). "What" and "Where" in word reading: ventral coding of written words revealed by parietal atrophy. *Journal Cognitive Neuroscience*, 18(2), 1998-2012.
- Vinckier, F., Qiao, E., Pallier, C., Dehaene, S., & Cohen, L. (2011). The impact of letter spacing on reading: A test of the bigram coding hypothesis. *Journal of Vision*, 11(6), 21. doi:1167/1111.1166.1168.
- Wagner, R. K., & Barker, T. A. (1994). The development of orthographic processing ability. In V. W. Berninger (Ed.), *The varieties of orthographic knowledge: Theoretical and development issues*. Dordrecht, Netherlands : Kluwer Academic.
- Wang, H.-C., Castles, A., Nickels, L., & Nation, K. (2011). Context effects on orthographic learning of regular and irregular words. *Journal of experimental child psychology*, doi:10.1016/j.jecp.2010.1011.1005.
- Weekes, B. S., Castles, A., & Davies, R. A. (2006). Effects of consistency and age of acquisition on reading and spelling among developing readers. *Reading and Writing*, 19, 133-169. doi:110.1007/s1145-1005-2032-1006.
- Weschler, D. (2005). *WISC-IV. Echelle d'intelligence de Weschler pour enfants et adolescents. Quatrième Edition*. Paris: ECPA.
- Whitney, C. (2001). How the brain encodes the order of letters in a printed word: the SERIOL model and selective literature review. *Psychon Bull Rev*, 8(2), 221-243.
- Williams, R. S., & Morris, R. K. (2004). Eye movements, word familiarity, and vocabulary acquisition. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16(1/2), 312-339. doi:310.1080/09541440340000196.
- Wimmer, H., & Mayringer, H. (2002). Dysfluent reading in the absence of spelling difficulties: A specific disability in regular orthographies. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 272-277.
- Wright, D.-M., & Ehri, L. (2007). Beginners remember orthography when they learn to read words: The case of doubled letters. *Applied Psycholinguistics*, 28, 115-133. doi:110.1017/S0142716406070068.
- Zevin, J. D., & Seidenberg, M. S. (2002). Age of Acquisition Effects in Word Reading and Other Tasks. *Journal of Memory and Language*, 47, 1-29.
- Ziegler, J. C., Jacobs, A. M., & Stone, G. O. (1996). Statistical analysis of the bidirectional inconsistency of spelling and sound in French. *Behavior research methods, instruments and computers*, 28, 504-515.

# ANNEXES





**ANNEXE I**

Liste des 88 items de la tâche de décision lexicale : 18 mots et 18 pseudo-mots longs, leur nombre de lettres, leur nombre de syllabe orale et la fréquence U (manulexCE2-CM2). Les 4 mots et pseudo-mots longs contrôles. Moyennes, écarts-types (ET), minimum (MIN) et maximum (MAX).

<b>18 mots longs</b>	<b>lettres</b>	<b>Syllabe orale</b>	<b>U</b>	<b>18 pseudo-mots longs</b>	<b>lettres</b>	<b>syllabe orale</b>
lunette	7	2	94.06	tempette	8	2
assurer	7	3	56.79	assension	9	3
différent	9	3	45.27	inffinitif	10	4
ruisseau	8	2	53.3	articheau	9	3
candidat	8	3	9.45	cangourou	9	3
enchanté	8	3	8.01	cordonié	8	3
royaume	7	2	38.31	fantaume	8	2
envoler	7	3	81.3	entenne	7	2
haricot	7	3	36.71	haroser	7	3
fabuleux	8	3	13.05	farmacie	8	3
confiture	9	3	43.52	catrième	8	3
sauvetage	9	3	11.67	saulitude	9	3
dentiste	8	2	21.01	denseur	7	2
médecin	7	3	114.64	landemin	8	3
araignée	8	3	52.34	empaicher	9	3
comparaison	12	4	25.66	aurison	7	3
fièrement	9	3	9.22	fèblemant	9	3
important	9	3	153.24	vaitemant	9	3
<b>MOYENNE</b>	<b>8.17</b>	<b>2.83333</b>	<b>48.19</b>		<b>8.28</b>	<b>2.83</b>
<b>ET</b>	<b>1.24</b>	<b>0.5145</b>	<b>40.20</b>		<b>0.89</b>	<b>0.51</b>
<b>MIN</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>8.01</b>		<b>7</b>	<b>2</b>
<b>MAX</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>153.24</b>		<b>10</b>	<b>4</b>
<b>4 mots longs contrôles</b>				<b>4 PM longs contrôles</b>		
demander	8	3	840.76	targouli	8	3
histoire	8	2	656.56	dolanter	8	3
beaucoup	8	2	521.16	abadaba	7	4
exercice	8	3	407.46	mitanur	7	3
<b>MOYENNE</b>	<b>8.21</b>	<b>2.71</b>	<b>194.18</b>		<b>7.64</b>	<b>2.83</b>
<b>ET</b>	<b>2.35</b>	<b>0.85</b>	<b>263.61</b>		<b>2.02</b>	<b>0.81</b>
<b>MIN</b>	<b>1.25</b>	<b>0.51</b>	<b>8.01</b>		<b>0.89</b>	<b>0.51</b>
<b>MAX</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>840.76</b>		<b>10</b>	<b>4</b>

Liste des 88 items de la tâche de décision lexicale : 18 mots et 18 pseudo-mots courts. leur nombre de lettres. leur nombre de syllabe orale et la fréquence U (manulexCE2-CM2). Les 4 mots et pseudo-mots courts contrôles. Moyennes. écarts-types (ET). minimum (MIN) et maximum (MAX).

18 courts	lettres	syllabe orale	U	18 pseudo- mots courts	lettres	syllabe orale
pin	3	1	52.8	frin	4	1
stylo	5	2	31.89	galo	4	2
sourd	5	1	15.58	bourd	5	1
crêpe	5	1	14.03	sêze	4	1
goût	4	1	61.5	loût	4	1
veau	4	1	25.91	heau	4	1
pique	5	1	8.75	sèque	5	1
gazon	5	2	15.18	bizon	5	1
thé	3	1	53.15	thope	5	1
coq	3	1	59.18	équo	4	2
phare	5	1	26.4	phoin	5	1
trait	5	1	90.48	frait	5	1
képi	4	2	14.15	kape	4	1
nœud	4	1	27.26	veud	4	1
bravo	5	2	14.93	éro	3	2
vin	3	1	102.79	bin	3	1
port	4	1	102.37	nort	4	1
bâton	5	2	64.9	tron	4	1
<b>MOYENNE</b>	<b>4.28</b>	<b>1.28</b>	<b>43.40</b>		<b>4.22</b>	<b>1.16</b>
<b>ET</b>	<b>0.82</b>	<b>0.46</b>	<b>31.37</b>		<b>0.65</b>	<b>0.38</b>
<b>MIN</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>8.75</b>		<b>3</b>	<b>1</b>
<b>MAX</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>102.79</b>		<b>5</b>	<b>2</b>

4 mots courts contrôles				4 PM courts contrôles		
aussi	5	2	945.56	arsur	5	2
même	4	1	814.83	vabu	4	1
chat	4	1	665.82	doda	4	2
ami	3	2	529.54	faz	3	1
<b>MOYENNE</b>	<b>4.22</b>	<b>1.16</b>	<b>224.08</b>		<b>3.80</b>	<b>1.22</b>
<b>ET</b>	<b>0.65</b>	<b>0.38</b>	<b>319.08</b>		<b>1.11</b>	<b>0.49</b>
<b>MIN</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>8.75</b>		<b>0.65</b>	<b>0.38</b>
<b>MAX</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>945.56</b>		<b>5</b>	<b>2</b>

Les fréquences des différentes catégories de mots (longs/courts et mots/pseudo-mots) sont moyennes et équivalentes ( $F_s < 1$ ).

Les mots et pseudo-mots longs se distinguent des mots et pseudo-mots courts par le nombre de lettres ( $F(1,17) = 288.49, p < .001$ ) et par le nombre de syllabes ( $F(1,17) = 137.47, p < .001$ ).

## ANNEXE II

### Exemples de textes à lire dans les Etudes 3 et 10.

#### Mon petit chien

Pour mon anniversaire, j'ai eu un petit chien. Je l'ai appelé Mizaud. Il était vraiment mignon. Il avait le poil marron avec des taches blanches et de très longues oreilles. Il adorait jouer. Je lançais un bâton et Mizaud allait le chercher en courant. Mizaud et moi, on pouvait jouer pendant des heures.

Un jour, mon frère a oublié de fermer le portail en partant à l'école. A notre retour, Mizaud avait disparu. Nous avons cherché partout, mais il n'y avait aucune trace de Mizaud.

Je voudrais vraiment le retrouver.

#### Questions :

- 1 Rappelle moi le nom du petit chien ?
- 2 A quoi jouaient souvent le chien et le garçon ?
- 3 Pourquoi le chien a-t-il pu s'enfuir ?

## ANNEXE III

Liste des 42 triplets de la tâche de jugement orthographique de l'Etude 4 (3, 4 et 5<sup>ème</sup> année) et de l'Etude 5 (1, 2<sup>ème</sup> année).

CYCLE 3		CYCLE 2	
Noms	Fréquence	Noms	Fréquence
Abracadabra	48,61	antenne	53,82
acidulé	25,93	bazar	46,48
artichaut	48,26	bras	64,65
atout	42,71	cerisier	50,86
angora	41,14	cousin	34,19
ascension	49,02	canon	53,8
ailier	38,41	départ	61,78
baudet	36,83	dessin	65,95
éclat	54,95	défaut	54,14
bassinnet	24,91	duvet	50,67
bananier	44,38	danger	59,73
ballot	44,45	écurie	54,6
chaos	33,32	envoler	60,63
coup	56,25	ficelle	57,41
ciboulette	40,83	hanté	45,35
cabanon	28,72	haricot	56,1
contemporain	33,2	joue	60,07
frein	54,5	janvier	54,61
coussinet	38,69	juillet	56,13
tablette	48,34	koala	48,96
épinard	50,41	lunette	59,43
entraver	34,7	liberté	57,1
encart	23,33	loup	67,45
fourberie	21,65	numéro	63,01
gradin	43,91	nid	61,62
indigo	41,66	partout	60,05
joyau	41,07	piscine	59,73
kangourou	55,18	plein	64,34
loyauté	40,49	planète	59,43
nid	61,62	pied	67,39
nénuphar	50,94	produit	23,99
proue	43,98	quartier	58,05
pissenlit	46,99	romain	41,13
quadrille	20,94	renard	62,43
repas	62,52	repos	55,2
quête	48,16	sifflet	52,28
saynète	34,82	soldat	58,37
scélérat	36,56	sciences	55,53
siamois	36,67	tempête	59,38
trépied	33,3	tuyau	54,52
tourteau	22,41	tableau	63,9
handicap	24,26	villa	50,77

## ANNEXE IV

Liste des 60 mots irréguliers donnés en dictée à l'adulte dans les Etudes 7, 8 et 9. Moyenne, écart-type, minimum (MIN) et maximum (MAX) des 30 rares, et des 30 fréquents. Forme orthographique, forme phonologique, catégorie grammaticale et les fréquences d'après Lexique 3

ortho	Phon	cgram	genre	freqlemfilms2	freqlemlivres	freqfilms2	freqlivres
charisme	kaRizm	NOM	m	0,75	0,07	0,75	0,07
skipper	skip9R	NOM	m	1,32	0,07	1,32	0,07
cristallisé	kRistalize	ADJ	m	0,18	0,14	0,04	0,07
adhérent	adeR@	NOM	m	0,57	1,01	0,16	0,14
agate	agat	NOM	f	0,01	1,22	0,01	0,61
ayatollah	ajatola	NOM	m	0,53	0,27	0,5	0,14
kayak	kajak	NOM	m	0,34	0,14	0,34	0,14
phacochère	fakoSER	NOM	m	0,5	0,2	0,47	0,14
thyroïde	tiRoid	NOM	f	0,27	0,14	0,27	0,14
menhir	meniR	NOM	m	0,41	0,68	0,41	0,2
pathologie	patoloZi	NOM	f	1,58	0,2	1,58	0,2
grivois	gRivwa	ADJ	m	0,38	0,95	0,25	0,27
pléthore	pletOR	NOM	f	0,32	0,27	0,32	0,27
rhétorique	RetoRik	ADJ		0,48	0,47	0,45	0,27
belladone	beladOn	NOM	f	0,15	0,47	0,15	0,41
escarcelle	EskaRsEl	NOM	f	0,17	0,41	0,17	0,41
connexion	konEksj\$	NOM	f	4,45	0,95	3,71	0,47
kopeck	kopEk	NOM	m	1,52	0,61	1,3	0,47
phobie	fobi	NOM	f	2,62	1,08	1,43	0,47
chanfrein	S@fR5	NOM	m	0	0,54	0	0,54
onyx	oniks	NOM	m	0,34	0,61	0,34	0,61
badaud	bado	NOM	m	0,54	6,82	0,05	0,68
obséquieux	Opsekj2	ADJ	m	0,15	1,01	0,13	0,68
pamphlet	p@fIE	NOM	m	2,84	1,42	1,11	0,68
sketch	skEtS	NOM	m	2,54	1,28	1,5	0,74
anorak	anoRak	NOM	m	0,49	0,88	0,25	0,81
fainéant	fene@	NOM	m	3,87	1,69	1,59	0,81
pylône	pilon	NOM	m	0,36	1,96	0,31	0,88
artichaut	aRtiSo	NOM	m	2,39	2,57	1,45	0,95
coquelicot	kOkliko	NOM	m	1,05	3,24	0,71	0,95
<b>MOYENNE</b>				<b>1,04</b>	<b>1,05</b>	<b>0,70</b>	<b>0,44</b>
<b>ECARTYPE</b>				<b>1,18</b>	<b>1,32</b>	<b>0,78</b>	<b>0,29</b>
<b>MIN</b>				<b>0</b>	<b>0,07</b>	<b>0</b>	<b>0,07</b>
<b>MAX</b>				<b>4,45</b>	<b>6,82</b>	<b>3,71</b>	<b>0,95</b>

ortho	phon	cgram	genre	freqlfilms 2	freqlmlivre s	freqfilms 2	freqlivre s
anthracite	@tRasit	ADJ		0,07	1,15	0,07	1,15
perclus	pERkly	ADJ	m	0,03	1,62	0,03	1,28
couenne	kwan	NOM	f	0,53	1,82	0,4	1,49
équateur	ekwat9R	NOM	m	0,38	1,55	0,38	1,55
larynx	laR5ks	NOM	m	0,94	1,55	0,94	1,55
verveine	vERvEn	NOM	f	0,72	1,76	0,72	1,76
thym	t5	NOM	m	1,17	2,09	1,17	2,09
comète	komEt	NOM	f	2,28	2,5	1,96	2,3
accroc	akRo	NOM	m	1,9	3,11	1,67	2,57
hareng	aR@	NOM	m	2,78	6,08	1,9	2,91
mausolée	mozole	NOM	m	1,66	3,11	1,64	2,91
essaim	es5	NOM	m	0,97	4,53	0,69	3,18
harnais	aRnE	NOM	m	1,29	3,92	1,29	3,92
nerf	nER	NOM	m	30,12	30,47	8,09	3,92
attelage	atlaZ	NOM	m	1,52	5,61	1,43	4,05
faisceau	fEso	NOM	m	1,71	10	1,27	6,82
tonneau	tono	NOM	m	4,37	12,16	2,94	6,89
addition	adisj\$	NOM	f	8,61	9,53	8,24	7,36
mammouth	mamut	NOM	m	1,38	8,18	1,16	7,84
solennel	solanEl	ADJ	m	4,58	19,66	2,3	8,11
faïence	faj@s	NOM	f	0,28	9,86	0,28	8,85
taureau	toRo	NOM	m	10,82	13,38	8,37	10
étang	et@	NOM	m	7,1	15,47	6,57	10,47
marais	maRE	NOM	m	6,91	10,68	6,91	10,68
comtesse	k\$tEs	NOM	f	27,36	67,77	13,69	12,43
humble	1bl	ADJ		12,43	18,45	9,66	12,84
excellence	EksEl@s	NOM	f	23,29	17,43	22,73	17,09
wagon	vag\$	NOM	m	10,24	32,77	6,53	18,11
accès	aksE	NOM	m	29,53	23,78	29,53	23,78
orgueil	ORg9j	NOM	m	11,56	33,45	11,56	33,24
<b>MOYENNE</b>				<b>6,88</b>	<b>12,45</b>	<b>5,14</b>	<b>7,70</b>
<b>ECARTYPE</b>				<b>9,10</b>	<b>14,20</b>	<b>6,91</b>	<b>7,45</b>
<b>MIN</b>				<b>0,03</b>	<b>1,15</b>	<b>0,03</b>	<b>1,15</b>
<b>MAX</b>				<b>30,12</b>	<b>67,77</b>	<b>29,53</b>	<b>33,24</b>

## **ANNEXE V**

Texte d'entraînement de l'Etude 10.

Le mauvais sort

Ermeline n'est pas un clanon, mais une jolie princesse qui va voir son meilleur ami transformé en clanon. Il ressemble à un dragon. Un clanon crache des casseroles, des baguettes de pain et parfois du feu ! Lorsque la méchante sorcière vous jette un sort, vous devenez un clanon. C'est ce qui est arrivé à l'ami d'Ermeline.